FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

Ecole d'orthophonie

Année 2017-2018

MEMOIRE
en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie
présenté par

Emma PICAULT

Le 26 juin 2018

Premières représentations de l'oralité dans les coordinations œil-main-bouche chez l'enfant de 0 à 6 mois à travers les neurosciences et les stratégies neuronales au niveau de la jonction œil-main-bouche

Directeur du mémoire : Monsieur Benoit Chevalier, kinésithérapeute

Autre membre du jury : Madame Hélène Dupin, orthophoniste

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

Ecole d'orthophonie

Année 2017-2018

MEMOIRE
en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie
présenté par

Emma PICAULT

Le 26 juin 2018

Premières représentations de l'oralité dans les coordinations œil-main-bouche chez l'enfant de 0 à 6 mois à travers les neurosciences et les stratégies neuronales au niveau de la jonction œil-main-bouche

Directeur du mémoire : Monsieur Benoit Chevalier, kinésithérapeute

Autre membre du jury : Madame Hélène Dupin, orthophoniste

Dédicaces et remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier Benoit Chevalier d'avoir accepté d'encadrer mon mémoire et mon stage au cabinet Luciole. Merci pour ta pédagogie et ton accueil. J'en profite également pour remercier les membres du cabinet Luciole auprès desquels j'ai pris beaucoup de plaisir à apprendre et échanger. J'adresse un merci particulier à Carole.

Je tiens également à remercier Mme Hélène Dupin, membre du jury, pour l'intérêt porté à mon mémoire et son implication dans l'école d'orthophonie de Poitiers.

Merci à Marie, ma binôme de mémoire, pour son travail et sa motivation sans faille et à Sébastien pour son aide concernant les analyses statistiques.

J'adresse des remerciements à François Jouen pour nous avoir accueillis au Laboratoire Cognitions Humaine et Artificielle (CHArt) de l'Ecole Pratique des Hautes Études (EPHE).

Je remercie aussi mes maitres de stage et professeurs.

J'adresse ensuite des remerciements plus personnels à tous les membres de ma famille, qui me soutiennent et m'encouragent. Je remercie en particulier mes parents de me permettre de réaliser mes projets et d'être si impliqués pour m'aider à les mener à bien.

Merci aussi à mes amis, bretons et orthos, pour tous les bons moments passés ensemble. J'adresse des remerciements particuliers à Aude, mon alter ego, et Mathilde pour ta douceur et ta confiance.

Enfin, merci Maxime pour ton amour et ton soutien.

Table des matières

Introduction *1*

PARTIE THEORIQUE *2*

I. L'oralité *2*

1.1. Définitions **2**

1.1.1. L'oralité 2

1.1.2. Oralités primaire et secondaire 2

1.1.3. Oralité alimentaire et oralité verbale 3

1.1.4. Oralité sociale 4

1.2. Embryogenèse **4**

1.2.1. Le massif facial 4

1.2.2. La bouche 5

1.2.3. La langue 5

1.2.4. Le pharynx 5

1.2.5. Le tronc cérébral 6

1.3. Développement neuronal de l'oralité **7**

1.3.1. Les compétences tactiles 7

1.3.2. La succion 9

1.3.3. La déglutition et les réflexes de protection des voies aériennes 10

1.3.4. Le réflexe nauséeux 13

1.3.5. La gustation 14

1.3.6. L'olfaction 15

1.3.7. Les compétences visuelles 17

II. Les coordinations œil-main-bouche *18*

2.1. La coordination main-bouche **18**

2.1.1. In utero 18

2.1.2. Chez le nouveau-né 19

2.2. La coordination œil-main **21**

2.3. La coordination œil-bouche **21**

2.4. La coordination œil-main-bouche **22**

III. Les stratégies neuronales *23*

3.1. La théorie de sélection des groupes neuronaux (TSGN) (Edelman, 1992) **23**

3.1.1. Principes généraux 23

3.1.2. Processus du darwinisme neuronal 24

3.1.3. L'importance du mouvement de l'enfant dans les théories neuronales. 25

3.2. Systèmes en attente d'expérience et systèmes dépendants d'expérience **27**

3.3. Circuit de la récompense et alimentation **28**

3.4. Naissance et adaptation de la posture **30**

IV. L'évaluation du comportement sensori-moteur du nourrisson par les General Movements *31*

4.1. Description initiale **31**

4.2. Evaluation de la qualité des GMs 32

4.3. Limite des GMs 33

Problématique et hypothèses 34

PARTIE PRATIQUE 36

I. Méthodologie 36

1.1. Objectifs 36

1.1.1. Objectif principal 36

1.1.2. Objectif secondaire 36

1.2. Population de l'étude 36

1.2.1. Critères d'inclusion des sujets 36

1.2.2. Critères de non inclusion des sujets 36

1.3. Déroulement de l'étude 36

1.3.1. Recueil du consentement 36

1.3.2. Anamnèse 37

1.3.3. Réalisation des vidéos 37

1.3.4. Traitement de l'information 38

II. Résultats 40

2.1. Taille de l'échantillon 40

2.2. Analyse inter-examinateurs 40

2.2.1. Statistiques descriptives 40

2.2.2. Analyse de l'ensemble des données 41

2.2.3. Analyse par type d'événement 44

2.3. Analyse intra-examinateur 47

2.3.1. Statistiques descriptives 47

2.3.2. Analyse de l'ensemble des données 48

2.3.3. Analyse par type d'événement 49

III. Discussion 52

3.1. Discussion autour de la théorie de l'étude 52

3.2. Discussion autour de la méthodologie de l'étude 53

3.2.1. Remarques concernant les vidéos et leurs conditions de réalisation 53

3.2.2. Remarques concernant la cotation des vidéos et le logiciel ELAN 54

3.2.3. Remarques concernant la taille de l'échantillon 55

3.3. Pistes et perspectives 56

Conclusion 58

Bibliographie 59

Annexe I - Lettre d'information aux parents

Annexe II – Formulaire de Consentement pour la participation à l'étude

Annexe III – Éléments recueillis lors de l'anamnèse

Annexe IV : Résultats cumulés des deux examinateurs, par événement, pour chaque sujet

Annexe V : Résultats cumulés à T1 et T2, pour chacun des sujets dont les vidéos ont été ré-analysées

Annexe VI : Droites de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2, par événement (inter-examinateur)

Annexe VII : Droites de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2, par événement (intra-examinateur)

Liste des abréviations

ATV : aire tegmentale ventrale

CF : cortex frontal

COF : cortex orbito-frontal

CPG : Central pattern generator (centre programmateur)

LHA : aire thalamique latérale

NAcc : noyau accumbens

NTS : noyau du tractus solitaire

PTAC : posture tonique asymétrique du cou

S1 : cortex somesthétique primaire

S2 : cortex somesthétique secondaire

SA : semaine d'aménorrhée

Sphère ORL : sphère oto-rhino-laryngée

SNC : système nerveux central

SSO : sphincter supérieur de l'œsophage

TSGN : théorie de sélection des groupes neuronaux

VPL : noyau ventro-postéro-latéral du thalamus

VPM : noyau ventro-postéro-médian du thalamus

Liste des figures et tableaux :

Figure 1 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les évènements cotés selon leur durée

Figure 2 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les évènements cotés selon leur occurrence

Figure 3 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2

Figure 4 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les évènements cotés selon leur durée

Figure 5 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les évènements cotés selon leur occurrence

Figure 6 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les captures visuelles main droite

Figure 7 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les captures visuelles main gauche

Figure 8 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le réflexe de Moro

Figure 9 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le contact main-bouche à droite

Figure 10 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le contact main-bouche à gauche

Figure 11 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le contact main-bouche sur l'axe

Figure 12 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la jonction droite-gauche

Figure 13 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la recherche d'équilibre tête autour de l'axe

Figure 14 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la tête dans l'axe stable

Figure 15 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la PTAC gauche

Figure 16 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la PTAC droite

Figure 17 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le latéro-cubitus droit

Figure 18 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les captures visuelles main droite

Figure 19 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les captures visuelles main gauche

Figure 20 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le réflexe de Moro

Figure 21 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le contact main-bouche droite

Figure 22 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le contact main-bouche gauche

Figure 23 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le contact main-bouche sur l'axe

Figure 24 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la jonction droite-gauche

Figure 25 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la recherche d'équilibre tête autour de l'axe

Figure 26 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la tête dans l'axe stable

Figure 27 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la PTAC gauche

Figure 28 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la PTAC droite

Figure 29 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le latéro-cubitus droit

Tableau 1 : Présentation des différents types d'installation

Tableau 2 : Définition des différents évènements et de leur type de codage

Tableau 3 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour l'ensemble des données

Tableau 4 : Coefficient de détermination des données inter-examinateurs

Tableau 5 : Analyse de régression de la méthode de Passing et Bablok

Tableau 6 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire pour les données inter-examinateurs

Tableau 7 : Coefficient de détermination inter-examinateurs par évènement

Tableau 8 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire pour les données inter-examinateurs

Tableau 9 : Coefficient de variation entre les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour tous les évènements

Tableau 10 : Résultats cumulés à T1 et T2, par évènement, pour l'ensemble des données des 10 vidéos ré-analysées

Tableau 11 : Coefficient de détermination des données intra-examinateur

Tableau 12 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire des données intra-examinateur

Tableau 13 : Coefficient de détermination des données inter-examinateur, par évènement

Tableau 14 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire des données intra-examinateur, par évènement

Tableau 15 : Coefficient de variation entre les résultats à T1 et ceux à T2 pour tous les évènements

Tableau 16 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 1

Tableau 17 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 2

Tableau 18 : Résultats cumulés pour chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 3

Tableau 19 : Résultats cumulés pour chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 4

Tableau 20 : Résultats cumulés pour chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 5

Tableau 21 : Résultats cumulés à T1 et T2, pour le sujet 1

Tableau 22 : Résultats cumulés à T1 et T2, pour le sujet 3

Tableau 23 : Résultats cumulés à T1 et T2, pour le sujet 5

Introduction

Les orthophonistes sont fréquemment sollicités au sujet de l'oralité alimentaire. Celle-ci fait partie de leur champ de compétences au même titre que l'oralité verbale. Ces deux aspects sont intimement liés aux notions d'attachement. Les expériences réalisées dans les interactions entre l'enfant et son environnement sont primordiales pour le développement des circuits neuronaux des coordinations œil-main-bouche et du circuit dédié à l'alimentation.

Les dispositifs de transport automobile obligatoires depuis le 1er janvier 1992 ont modifié les expériences de portage et d'installation en périodes d'éveil des très jeunes enfants.

Il semble pertinent d'étudier les probables liens entre ces modifications d'expériences et les modifications du développement des réseaux neuronaux, en particulier de ceux qui sous-tendent l'oralité alimentaire. Les outils d'évaluation de la motricité du jeune enfant n'offrent pas une analyse assez fine du lien œil-main-bouche. Il est donc nécessaire d'établir de nouveaux critères et méthodes d'analyse fiables et reproductibles des mouvements de l'enfant. Le but de ce mémoire est de valider l'utilisation d'un outil logiciel (ELAN) et de développer des critères objectifs d'analyse des mouvements de l'enfant pour étudier l'impact du positionnement du bébé sur ses premières représentations de l'oralité dans les stratégies œil-main-bouche.

Une revue de littérature à travers les neurosciences sera exposée en partie théorique. Elle présentera d'abord le développement neuronal des structures organiques, des systèmes sensoriels et des réseaux neuronaux impliqués dans l'oralité. Les mouvements associés main-bouche, œil-main et œil-bouche puis la coordination œil-main-bouche qui précède l'alimentation autonome seront ensuite décrits. Cette première partie évoquera aussi les stratégies neuronales : darwinisme neuronal, systèmes dépendants d'expérience ou en attente d'expérience, liens entre circuit alimentaire et circuit de la récompense. L'adaptation posturale de l'enfant après la naissance et l'importance de son installation pour le développement de ses coordinations et des neurones œil-main-bouche seront enfin présentés avant d'aborder les outils d'évaluation des mouvements du nourrisson.

La seconde partie, pratique, exposera quant à elle la méthodologie de l'étude, les résultats et analyses statistiques ainsi qu'une discussion permettant l'interprétation des résultats et la présentation des perspectives offertes par l'étude.

PARTIE THEORIQUE

I. L'oralité

1.1. Définitions

1.1.1. *L'oralité*

« *L'oralité est* ce que font les êtres vivants avec leurs bouches » (Couly et al., 2015) : « sucer, manger, communiquer, embrasser ... » (Thibault, 2007) Elle émerge durant la vie embryo-fœtale et est constante jusqu'à la mort. Elle est « *fondatrice de l'être* » (Couly, 2010), au centre de la construction neurodéveloppementale, corporelle et psychique de l'individu.

1.1.2. Oralités primaire et secondaire (Couly et al., 2015)

On distingue l'oralité primaire transitoire et l'oralité secondaire qui en prend le relais et dure toute la vie. La succion de l'oralité primaire est une innovation des mammifères alors que la déglutition et l'oralité secondaire de prédation et de mastication sont un héritage reptilien. Les deux oralités diffèrent dans leur organisation et leurs caractéristiques neuronales mais mettent en jeu les mêmes organes. L'oralité est d'abord sous le contrôle du cerveau reptilien et du système végétatif gérant la survie. Elle évolue progressivement vers une organisation plus riche, corticalisée et construite par darwinisme neuronal.

Oralité primaire

L'oralité primaire est dépendante et primitive. Elle se met précocement et spontanément en place chez le fœtus. Son émergence (10 semaines d'aménorrhée (SA)) précède la succion (12 SA) et la déglutition (12 - 15 SA). La langue sort pour toucher la main lors du réflexe de Hooker (Hooker, 1952). Le fœtus évolue dans l'enceinte utérine et déglutit le liquide amniotique.

La maturation neurofonctionnelle de l'oralité primaire fœtale, ou succion non-nutritive, dure 30 semaines. Le fœtus entraine ses futures fonctions orales (sensorielles, gnosopraxiques et cognitives) jusqu'à la fin de la grossesse. Il suce pour cela ses doigts, ses mains, ses pieds et le cordon ombilical situés à proximité de sa bouche grâce à sa position enroulée. Ces contacts déclenchent une excitation cérébrale et le fœtus va les reproduire.

A la naissance, l'oralité est mise à l'épreuve. En effet, la respiration et les réflexes de protection des voies aériennes doivent être synchronisés avec la déglutition pour permettre l'autonomie orale du nourrisson grâce à l'efficacité de la triade succion-déglutition-ventilation. L'oralité primaire devient nutritionnelle et rythmée par l'alternance faim-satiété.

Elle précède et construit l'oralité secondaire.

Oralité secondaire

L'oralité secondaire est nutritionnelle, autonome, indépendante et volontaire. Elle se construit grâce aux effets de l'oralité primaire sur la croissance mandibulaire et l'efficience de la coordination succion-déglutition. Les stratégies primaire et secondaire coexistent le temps du relais neurologique par la voie frontale ascendante, entre le 6ème et le 12ème mois post-nataux. La succion-déglutition est progressivement remplacée dans une double stratégie alimentaire : praxie corticale à la cuillère et maintien du biberon. A partir d'un an, les dents modifient le type d'alimentation et les expériences de capture (capture-morsure). Les gnosies et les praxies se complexifient ensuite jusqu'à 8 ans. L'oralité secondaire est une organisation corticale sensori-motrice de la bouche qui nécessite un apprentissage.

1.1.3. **Oralité alimentaire et oralité verbale** (Thibault, 2007)

Les oralités alimentaire et verbale sont intimement liées. En effet, la bouche est à la fois le premier lieu de plaisir (alimentaire) et celui de la première expression du bébé : le cri, véritable « cordon ombilical acoustique » (Cismareco, 1993). De plus, ces deux oralités ont la même origine neurologique. Les central pattern generators (CPGs) (centres programmateurs) de succion et de déglutition ainsi que l'origine du nerf pneumogastrique (ou vague (X)) qui met en jeu le larynx et permet les émissions vocales sont localisés dans le tronc cérébral.

Le cri, un des premiers mécanismes de survie, permet une plus grande proximité entre le bébé et ses parents. Il offre au bébé un équilibre émotionnel et alimentaire grâce à l'attachement.

Le nourrisson émet d'abord des vocalisations réflexes qui sont des sons végétatifs (bâillement, gémissement, soupir, raclement) ainsi que des cris que ses parents vont interpréter différemment selon leurs caractéristiques acoustiques. Jusqu'à 3 mois, la ventilation est exclusivement nasale pendant l'alimentation. Ensuite, les émissions s'allongent. L'enfant joue avec sa voix, mettant en jeu son larynx et ses capacités respiratoires contrôlés par le tronc cérébral. Il imite la mélodie de sa langue maternelle. Ses productions sont encouragées et reprises par l'adulte. Sans ce feedback, ses gazouillis spontanés s'appauvrissent, soulignant l'importance de l'attachement et du lien dans le développement linguistique. Entre 3 et 8 mois, le jeune enfant entre dans le babillage rudimentaire en combinant plusieurs sons qui forment des protosyllabes difficilement segmentables (/aewa/). Il produit ensuite des syllabes de type consonne-voyelle (/papapa/) qu'il duplique et qui constituent le babillage canonique, observable entre 5 et 10 mois. Ses productions se rapprochent de sa langue maternelle entre 6 et 8 mois, tant dans les phonèmes sélectionnés que dans les traits prosodiques, mélodiques et rythmiques. Les productions du bébé, interprétées par l'adulte, deviennent de plus en plus

compréhensibles. Entre 9 et 18 mois on parle de babillage mixte car l'enfant commence à y produire de vrais mots. Il module de plus en plus sa voix pour donner du sens à ses émissions. C'est le proto-langage. Le jeune enfant s'ouvre au monde qui l'entoure et son vocabulaire est d'abord alimentaire. A partir de 2 ans, il entre dans le pré-langage et la syntaxe en émettant des mots-phrases puis ses premières phrases. La descente progressive de son larynx et la plus grande mobilité de sa langue lui permettent petit à petit d'émettre de nouveaux sons.

1.1.4. **Oralité sociale** (Thibault, 2007)

Le bébé ne manifeste d'abord que trois types d'émotions : la satisfaction, liée à la satiété et la réponse apportée à ses besoins dans la dyade avec son parent, l'insatisfaction liée à la faim et enfin l'intérêt. Ses émotions sont donc très associées au comportement alimentaire. De plus, lors de l'alimentation, le parent et son jeune enfant manifestent un intérêt réciproque pour ce temps de partage privilégié. Cette proximité favorise les échanges de regards, de sourires, de vocalisations et de mimiques. Le sourire, premier indice de communication sociale, semble d'abord être un sourire d'apaisement lié au plaisir et à la sécurité qu'offre la tétée. Le temps de l'alimentation est primordial et participe à la construction du lien d'attachement, indispensable au développement. Sur le plan de la neurogenèse, le lien social est très important. Les expériences du bébé dépendent en effet de la qualité de son environnement et ont un rôle majeur dans le développement émotionnel, linguistique, cognitif, moteur, etc. De plus, une partie des mimiques se fait par mimétisme, sous l'influence des neurones miroirs, avec une attention très soutenue de l'enfant pour la zone orale de l'autre.

1.2.Embryogenèse

Le système nerveux central (SNC) est issu de la plaque neurale qui s'invagine en une gouttière neurale vers 5 SA. Lorsque celle-ci se ferme en un tube, la migration dorsoventrale des cellules des crêtes neurales permet la formation des différents organes embryonnaires dont les structures orofaciales impliquées à la fois en oralité primaire et secondaire.

1.2.1. Le massif facial

Le développement de la tête et du visage suit des étapes qui dépendent de signaux moléculaires et physicochimiques et répond au principe de l'épigenèse. (Couly et al., 2015)

Les cellules de la crête neurale céphalique migrent vers le futur pôle céphalique embryonnaire, où elles se regroupent. Les territoires du massif facial sont précocement

cartographiés génétiquement. Les gènes du développement s'expriment et selon les signaux moléculaires émis, des sillons se forment pour faire apparaitre cinq modules faciaux (naso-frontal, maxillaires et mandibulaires). Leur fusion forme le visage dès la fin du 1er mois.

Le cerveau et le visage ont une origine neurale commune. Chaque bourgeon facial correspond ainsi à une vésicule cérébrale (télencéphale, diencéphale, mésencéphale, métencéphale, myélencéphale). Le massif facial est qualifié de « marqueur qualitatif, *quantitatif et topographique de l'ensemble du* SNC » (Couly et al., 2015) puisque son développement normal signe le bon développement du SNC.

1.2.2. La bouche

La bouche constitue l'origine anatomique de l'oralité, « vestibule entre le dedans et le dehors » (Couly et al., 2015).

Son origine est particulière. Elle émane du SNC car elle est issue de la crête neurale céphalique. Lors de la fusion des bourgeons faciaux, le stomodaeum (bouche embryonnaire) est formé, secondairement et en-dedans. La cavité bucconasale est donc constituée de peau internalisée. Elle en possède les caractéristiques et les récepteurs. Le nez et la bouche formant initialement une structure unique, « il *existe une unité d'origine entre l'oralité buccale et* gustative et la nasalité ventilatoire et olfactive » (Thibault, 2007).

1.2.3. La langue

La langue est l'organe clé de l'oralité de succion. Elle contient dix-sept muscles et est précocement innervée par les deux nerfs hypoglosses (XII). Jusqu'à la 10ème SA, elle se développe dans le stomodaeum et en occupe la totalité, puis se place progressivement dans sa partie orale. Cela contribue à la construction du palais secondaire et du voile du palais, divisant le stomodaeum en un étage supérieur nasal et un inférieur oral. Elle dispose d'une sensorialité très riche en raison de ses multiples récepteurs tactiles et gustatifs. Celle-ci permet la construction des gnosies et des praxies oro-linguales nécessaires à l'oralité, dès le stade fœtal.

1.2.4. Le pharynx

Le pharynx et l'œsophage sont initialement séparés de la bouche par une membrane pharyngée qui se résorbe à la fin de la neurulation, permettant à la bouche et au pharynx de communiquer à la fin du 1er mois embryonnaire sur un axe oral-aboral. Le pharynx et l'œsophage disposent de récepteurs tactiles et gustatifs. Ils sont innervés par les nerfs glossopharyngien (IX) et vague (X) impliqués dans la déglutition.

1.2.5. Le tronc cérébral

Le tronc cérébral (rhombencéphale) a une origine très ancienne et s'est adapté. Il appartient au SNC et constitue la vésicule la plus postérieure du cerveau, divisée en deux vésicules secondaires : le métencéphale et le myélencéphale. Il est une zone de passage des voies neurologiques ascendantes et descendantes et fonctionne en réseaux de réseaux neuronaux.

Il se segmente au cours du 2ème mois embryonnaire en huit unités étagées appelées rhombomères, « suite à *l'expression des* gènes HOX ». ((Couly et al., 1994; Tümpel, Wiedemann, & Krumlauf, 2009) cités par (Couly et al., 2015)) La combinatoire de ces gènes dicte l'identité cellulaire des différentes parties du corps et définit ainsi les différentes régions de l'embryon. La position, l'identité moléculaire et la neurofonctionnalité des rhombomères sont déterminées par le code HOX entre la 6ème et 10ème SA. Les rhombomères correspondent deux à deux à la localisation des noyaux d'origine des nerfs crâniens, qui développent leur connectivité et leur action selon les instructions fournies par les gènes HOX. L'organisation et la connectivité neuro-fonctionnelles du tronc cérébral sont stables entre la 8ème et 16ème SA. Il entre progressivement en activité dès la 14ème SA. (Couly et al., 2015).

Il est le centre des fonctions vitales et de celles qui permettent l'autonomie du fœtus à la naissance. En effet, il correspond à l'origine du nerf vague (X) qui contrôle les fonctions de base assurant la survie. Il est aussi l'origine des autres nerfs crâniens impliqués dans l'oralité de manière sensitive, sensorielle et motrice : trijumeau (V), facial (VII), glossopharyngien (IX), accessoire (XI) et hypoglosse (XII), à l'exception du nerf olfactif. C'est le « *cerveau de l'oralité* primaire » (Couly et al., 2015), responsable de l'émergence puis du contrôle de la succion et de la déglutition fœtales synchronisées avec la respiration. Ces comportements signent son efficience fonctionnelle précoce.

Les afférences sensitivo-sensorielles de la sphère oro-linguo-pharyngée et celles du tube digestif, du cœur et des poumons convergent vers les noyaux du tronc cérébral où elles sont réceptionnées et traitées par la substance réticulée bulbo-pontique. Celle-ci comprend des réseaux d'interneurones excitateurs ou inhibiteurs. Ses réseaux para-solitaire et para-ambigu sont constitués de neurones prémoteurs (interneurones) situés à proximité des noyaux sensitifs et moteurs des nerfs impliqués dans la succion et la déglutition. Ils assurent la connectivité entre les signaux afférents sensitivo-sensoriels et efférents moteurs. La connectivité neuronale permettant le traitement des afférences est d'abord redondante. Elle se restreint par stabilisation sélective synaptique fonctionnelle et mort cellulaire ((Changeux, 1983) cité par (Couly et al., 2015)). Les réseaux d'interneurones s'organisent ainsi en CPGs.

1.3.Développement neuronal de l'oralité

L'émergence des différents sens impliqués dans l'oralité suit un ordre chronologique chez le fœtus. Le toucher se développe en premier, avant le goût, l'olfaction et enfin la vision. ((Lickliter, 2001) cité par (Audeoud, Lejeune, Marcus, Gentaz, & Debillon, 2011)) Cette chronologie permet au fœtus d'intégrer et de mémoriser progressivement différentes stimulations neurosensorielles pour appréhender son environnement de façon multimodale.

1.3.1. Les compétences tactiles

Le toucher est la première sensorialité fonctionnelle du fœtus. Elle lui permet l'exploration de son environnement et la perception des limites de son corps. C'est la première modalité de communication non-verbale avec l'autre et avec soi et le premier organe du lien. Le temps de l'alimentation offre une proximité et un contact privilégiés permettant l'échange d'aliments mais aussi de « nourritures affectives » (Cyrulnik, 2000), renforçant l'attachement.

Dès 9 SA, la sphère orofaciale dispose de nombreux récepteurs tactiles, avant le reste du corps vers 22 SA ((Humphrey, 1970; Humphrey, 1964) cités par (Audeoud et al., 2011)). La bouche constituée de peau internalisée a les mêmes récepteurs nociceptifs que les paumes des mains et des pieds. Elle est ainsi dotée de terminaisons libres (nocicepteurs superficiels) dans les muqueuses nasale et buccale, de mécanorécepteurs sensibles au tact léger (disques de Merkel) et appuyé (corpuscules de Meissner), à la pression (corpuscules de Pacini et de Golgi) et de récepteurs thermiques (corpuscules de Ruffini pour la chaleur et corpuscules de Krause pour le froid). A cette sensorialité cutanée tactile s'ajoute la riche sensorialité de la langue. Cette dernière dispose de récepteurs tactiles discriminatifs, nociceptifs, gustatifs, chimiques et thermiques lui offrant une « suprématie sensorielle » orale (Couly et al., 2015).

La bouche est ainsi un « espace hypersensoriel » (Couly et al., 2015) essentiel à l'exploration et la connaissance du monde. « *L'enfant portera grâce à la main tout objet inconnu* vers les lèvres, la langue et la bouche » (Couly et al., 2015) dans un but d'expérience gnosopraxique.

La bouche, les mains et les pieds ont des champs récepteurs très réduits et énormément de capteurs. Ceux-ci déclenchent un effet trigger (déclencheur) qui facilite l'émergence des réflexes d'orientation de la bouche vers les stimuli (points cardinaux, réflexe d'orientation labiale), initialisant l'oralité (Broca, 2017). Ces régions homologues vont se rencontrer précocement. Dès la 10ème SA, la lèvre supérieure réagit à une stimulation tactile avant la tête, les mains et les pieds (13 SA) puis l'ensemble du corps (22 SA) (Broca, 2017). Ces auto-contacts fœtaux et la succion embryofœtale vont stimuler les récepteurs, générer des signaux

sensoriels et déclencher une excitation cérébrale. C'est la première étape de la neurofonctionnalité orale (Couly et al., 2015). Les connexions neuronales du toucher s'organisent entre 15 et 32 SA. Dès 28 SA, une stimulation tactile déclenche une réponse corticale ((White & Cooke, 1989) cité par (Audeoud et al., 2011)).

Les informations de la sensibilité tactile du corps, notamment des mains et des pieds, arrivent dans la moelle épinière par les racines dorsales puis empruntent les colonnes dorsales pour monter vers la partie caudale du bulbe rachidien. Les neurones des noyaux des colonnes dorsales forment ensuite les fibres arquées internes qui franchissent la ligne médiane et forment le lemnisque médian. Celui-ci arrive dans le noyau ventro-postéro-latéral (VPL) du thalamus.

Les informations tactiles, chimiques et thermiques oro-naso-faciales sont quant à elles transmises par le nerf trijumeau (V). Celles qui proviennent de la base de langue et du pharynx, (générées par la distension des parois du pharynx lors de la déglutition) transitent via les nerfs glossopharyngien (IX) et vague (X). Le système trigéminal, voie spécialisée de la sensibilité thermique et nociceptive de la tête et du cou, comprend des neurones empruntant ces trois nerfs. (Purves, Augustine, Fitzpatrick, Volterra, & Jeannerod, 2015)

Les informations somato-sensorielles sont d'abord véhiculées par des neurones issus du ganglion de Gasser (ganglion trigéminal) et des ganglions associés aux nerfs facial (VII), glossopharyngien (IX) et vague (X). Ceux-ci entrent dans le tronc cérébral au niveau du pont et forment le faisceau trigéminal spinal en descendant vers le bulbe. Ils y distribuent les afférences, dans deux subdivisions du complexe sensitif trigéminal spinal. Les informations de la sensibilité tactile discriminative et de la proprioception arrivent au sous-noyau interpolaire de ce complexe tandis que les informations nociceptives et thermiques sont traitées dans son sous-noyau caudal (Dallel, Villanueva, Woda, & Voisin, 2003). Ce dernier active les neurones nociceptifs du sous-noyau oral en cas de message douloureux ((de Vries, Visser, & Prechtl, 1982; Fraser, Keynes, & Lumsden, 1990) cités par (Abadie, Champagnat, Fortin, & Couly, 1999)). Après ce premier relais central, les informations croisent la ligne médiane et sont transmises au noyau ventro-postéro-médian (VPM) du thalamus par le faisceau trigémino-thalamique (lemnisque trigéminal).

Les afférences de la sphère oro-faciale et celles du corps sont enfin envoyées du thalamus ventro-postérieur (thalamus somesthésique) vers le cortex somesthésique primaire (S1) dans le lobe pariétal puis vers le cortex somesthésique secondaire (S2) dans la région operculaire. S2 reçoit de nombreuses afférences dont celles de S1, du thalamus, du cortex visuel associatif et des régions précentrales (circonvolution frontale ascendante). Il transmet ensuite les

informations vers les autres aires corticales impliquées dans le traitement et l'appréciation qualitative des sensations. Il participe à l'intégration de ces sensations avec d'autres propriétés des stimuli. Il projette enfin vers des structures limbiques comme l'amygdale et l'hippocampe, certainement en lien avec l'apprentissage et la mémoire tactiles et distribue les informations sur les aspects affectifs et motivationnels vers le cortex cingulaire et insulaire. (Purves et al., 2015)

Le système trigéminal est étroitement lié aux systèmes gustatif et olfactif. Il apporte des informations somato-sensorielles associées aux informations gustatives et olfactives pour former un percept global, « odeur », « goût » ou « flaveur ». (Roland & Rémi, 2013)

Le nerf trijumeau (V) est le nerf de la manducation. Les stimulations trigéminales peuvent entrainer de trop fortes sensations et déclencher des réflexes de protection comme le vomissement ou la fermeture de la glotte. (Roland & Rémi, 2013)

A la naissance, tous les récepteurs tactiles sont développés. Le seuil de stimulation des mécanorécepteurs est cependant plus faible que chez l'adulte. Cela suggère une réponse plus intense aux stimulations, notamment douloureuses, en raison de l'absence d'inhibition frontale. De plus, les récepteurs de la douleur peuvent rester actifs longtemps après stimulation et se pérenniser à long terme (Broca, 2017), comme c'est le cas chez les enfants ayant subi précocement des agressions de la sphère ORL (sphère oto-rhino-laryngée) lors de soins invasifs (sonde nasogastrique, …).

1.3.2. La succion

Les premiers contacts de la langue avec le palais et les lèvres génèrent des afférences précoces vers les noyaux sensitivo-sensoriels des nerfs trijumeau (V), intermédiaire de Wrisberg (VII bis) et glossopharyngien (IX). Cela sature afférentiellement tous les étages du tronc cérébral. (Couly et al., 2015) Ces afférences sont intégrées à la substance réticulée bulbo-pontique et traitées par les réseaux para-solitaire et para-ambigu de la succion, qui constituent son CPG en construction. Ce dernier distribue en retour des instructions aux motoneurones des noyaux des nerfs trijumeau (V3), facial (VII), glossopharyngien (IX) et hypoglosse (XII), responsables de la commande succionnelle. Ce sont les prémices de la succion embryo-fœtale. (Couly et al., 2015)

Cette boucle entre afférences et feedbacks efférents crée le réflexe de succion vers 12 SA. La succion entraine des contacts incluant les mains et les pieds, qui génèrent de nouvelles afférences. Le CPG de la succion ainsi formé génère un schème moteur immuable. La bouche s'ouvre et les lèvres capturent le liquide amniotique qui est propulsé grâce à la langue vers

l'isthme du gosier. La mandibule réalise en même temps des mouvements de translation. C'est grâce à la succion que la cavité buccale et la mandibule grandissent.

L'oralité émerge spontanément, avant la fin de son développement organique, neurologique et sensoriel, sans intervention corticale connue. Cela implique l'existence de boucles de régulation fonctionnelles sophistiquées grâce à la flexibilité du SNC. (Couly et al., 2015) Très utile initialement, le CPG peu flexible de la succion deviendra progressivement obsolète.

1.3.3. La déglutition et les réflexes de protection des voies aériennes

La déglutition est complexe et se déroule en 3 phases : orale, pharyngée et œsophagienne. Elle est automatiquement déclenchée par le tronc cérébral après la succion, en une séquence unique. Leurs CPG commandent tous deux les nerfs glossopharyngien (IX) et hypoglosse (XII) et sont probablement très proches voire juxtaposés dans le tronc cérébral. (Couly et al., 2015)

Les afférences dues aux auto-contacts fœtaux arrivent au CPG de la succion et déclenchent sa réponse efférente motrice. Cela envoie en cascade des afférences au CPG de déglutition via le nerf laryngé supérieur, branche du nerf vague (X). Ces afférences constituent le trigger de la déglutition et configurent son CPG.

Les afférences sont réceptionnées et traitées par les réseaux intégrateurs para-solitaire et para-ambigu de la substance réticulée bulbopontique qui constituent le CPG de la déglutition pharyngée et œsophagienne ((Bao, Bart Wiedner, & Altschuler, 1995; Barrett, Bao, Miselis, & Altschuler, 1994) cités par (Altschuler, 2001)). Dans ce CPG, à cheval sur plusieurs rhombomères, le niveau d'entrée des afférences sensitivo-sensorielles est la région parasolitaire. Elle comprend le tractus solitaire et les neurones issus du noyau du faisceau solitaire (ou noyau du tractus solitaire) (NTS) du nerf vague (X). Le niveau de sortie du CPG de la déglutition est constitué des motoneurones du noyau ambigu (noyau moteur commun des nerfs glossopharyngien (IX) et vague (X)) et de ceux des noyaux moteurs des nerfs trijumeau (V), facial (VII), accessoire (XI) et hypoglosse (XII). Tous innervent les muscles impliqués dans la déglutition. ((Bieger & Hopkins, 1987; Altschuler, Bao, & Miselis, 1991; Lee, Lynn, Lee, Miselis, & Altschulers, 1992) cités par (Altschuler, 2001))

Les phases oropharyngée (temps unique chez le fœtus) et œsophagienne de la déglutition n'impliquent pas les mêmes réseaux de neurones prémoteurs. (Altschuler, 2001)

Les afférences palatales, pharyngées et laryngées arrivent ainsi au sous-noyau interstitiel et intermédial du NTS par les nerfs vague (X) et laryngé supérieur (X). C'est là que des neurones les lient aux motoneurones qui projettent dans le voile du palais, le pharynx, le muscle crico-

thyroïdien et le sphincter supérieur de l'œsophage (SSO). Les dendrites de ces motoneurones s'étendent dans les formations semi-compacte et perdue du noyau ambigu, avec un pattern distinct pour chaque groupe de muscles. (Altschuler, 2001)

Les afférences œsophagiennes du nerf vague (X) arrivent quant à elles dans le sous-noyau central du NTS et sa formation réticulaire. C'est dans cette zone que sont situés les neurones prémoteurs œsophagiens. Ceux-ci lient les afférences œsophagiennes et les motoneurones œsophagiens des nerfs glossopharyngien (IX) et vague (X). Ces motoneurones sont responsables du péristaltisme œsophagien et sont situés dans la formation compacte du noyau ambigu ((Altschuler et al., 1991) cité par (Altschuler, 2001)).

Des boucles anatomiques disynaptiques différentes contrôlent ainsi la musculature active pendant la phase oropharyngée ou œsophagienne. ((Andrew, 1956; Doty, Richmond, & Storey, 1967) cités par (Altschuler, 2001))

Dans les sous-noyaux interstitiel et intermédial du NTS, des neurones lient les neurones prémoteurs oropharyngés et œsophagiens. Cette base anatomique sous-tend la contraction réflexe du SSO après stimulation pharyngée (réflexe contractile pharyngo-sphinctérien) ((Doty & Bosma, 1956; Medda et al., 1994) cités par (Altschuler, 2001)). Par ailleurs, le péristaltisme œsophagien semble ainsi intégré centralement avec la phase pharyngée de la déglutition. En effet, en plus des niveaux d'entrée et de sortie, le CPG de déglutition comporte un autre niveau d'interneurones qui génère des boucles rétro-actives d'inhibition. C'est ainsi que les interneurones et les motoneurones du péristaltisme œsophagien sont inhibés lors de la phase oropharyngée d'une nouvelle déglutition. (Abadie et al., 1999)

Le CPG de la déglutition distribue ainsi les commandes déglutitives de manière synchronisée. Il entraine des réponses motrices faciales, linguales et pharyngées et déclenche le péristaltisme oral-aboral pharyngien et œsophagien. Ces réponses entretiennent et amplifient l'oralité sensorielle. (Couly et al., 2015)

Lorsque le fœtus est immergé dans le liquide amniotique, les réflexes de protection laryngée se développent et sont progressivement intégrés dans le CPG de la déglutition. La fonction respiratoire se manifeste dès 4 mois de grossesse (Abadie et al., 1999) mais sa synchronisation avec la déglutition n'est mature qu'à l'approche du terme (37 SA). Les réflexes de protection des voies aériennes se manifestent dès la naissance pour permettre une respiration efficiente et synchronisée avec la succion-déglutition. Le nourrisson peut enchainer des trains de succion-déglutition-respiration de plus en plus longs.

Les centres de la respiration et de la déglutition sont situés dans le tronc cérébral. Ils sont liés par des connexions neuronales coordonnant les muscles respiratoires avec ceux de la déglutition ((A. Jean, 1984a; Roman, 1986) cités par (Abadie et al., 1999)). L'oralité primaire postnatale est associée aux réflexes protecteurs des voies respiratoires par la mise en action du nerf laryngé. Ses afférences arrivent dans les zones de contrôle de la phase oropharyngée de la déglutition ((Bao et al., 1995; Barrett et al., 1994; Bieger, 1984; Jean, 1984a; Kessler & Jean, 1985) cités par (Altschuler, 2001)). Celle-ci peut d'ailleurs être déclenchée par stimulation de ce nerf chez les brebis ((Car, 1993) cité par (Couly et al., 2015)). De plus, des synapses entre les neurones prémoteurs laryngés et œsophagiens et les neurones prémoteurs laryngés et pharyngés offrent un substrat anatomique pour la fermeture œsophago-glottique coordonnée avec la phase oropharyngée ((Shaker et al., 1994; Shaker, Dodds, Dantas, Hogan, & Arndorfer, 1990) cités par (Altschuler, 2001)). Ainsi, lorsque le bolus est descendu, une contraction vive du larynx évite les reflux œsophagiens qui pourraient inonder la glotte. Des muscles respiratoires sont donc mis en jeu ou inhibés pendant la déglutition.

Le noyau du nerf hypoglosse (XII) est très proche du NTS. Ses motoneurones pénètrent largement le NTS et sa formation réticulaire, site des neurones prémoteurs pharyngés ((Altschuler et al., 1991) cité par (Altschuler, 2001)). Cela offre d'autres substrats anatomiques probables pour la coordination entre la protection des voies aériennes et la déglutition (Altschuler, 2001). La langue est ainsi impliquée à la fois dans la déglutition oropharyngée et la protection des voies aériennes. Pendant le sommeil, certains de ses muscles la propulsent, dégageant les voies aériennes et prévenant l'obstruction ventilatoire (Abadie et al., 1999).

La coordination de la protection des voies aériennes avec la déglutition est d'une grande complexité et implique une importante flexibilité neuronale. Chez le fœtus, le temps de la grossesse est nécessaire pour sa maturation.

D'après les observations chez le mouton (Car, 1993), la déglutition des oralités primaire et secondaire est contrôlée par un CPG unique. Celui-ci reconfigure ses connexions et ses modalités de déclenchement de façon de plus en plus sophistiquée selon les informations qu'il reçoit, grâce à la flexibilité de ses réseaux d'interneurones et la plasticité du tronc cérébral. En oralité primaire, il est déclenché par l'effet trigger des afférences du CPG de la succion puis progressivement par celles du faisceau cortico-géniculé en oralité secondaire. En effet, pendant le 2ème semestre postnatal, la voie cortico-géniculée projette les afférences du cortex frontal moteur sur le CPG de la déglutition ((Jean, 2001) cité par (Couly et al., 2015)). Le pied de la frontale ascendante est ainsi le centre cortical de la déglutition volontaire. Cette

« *corticalisation de l'alimentation* » (Abadie et al., 1999) reconfigure les réseaux des CPGs du SNC et transforme la déglutition primaire réflexe fœtale en déglutition volontaire caractérisant l'oralité secondaire. Le CPG est ensuite reconfiguré lors de l'éruption des dents, la complexification gnosopraxique de la mastication ainsi que l'avènement du langage, qui sont des fonctions d'origine corticale. Le cortex frontal est donc « *le deuxième cerveau de l'oralité* » (Couly et al., 2015).

1.3.4. Le réflexe nauséeux

Les structures organiques et neuronales de la déglutition et de la protection des voies aériennes sont impliquées dans le réflexe nauséeux. En effet, la stimulation du mur pharyngé postérieur, innervé par le nerf glossopharyngien (IX), active la portion rostrale du NTS (région du nerf vague (X)). Le nerf laryngé supérieur (X) pourrait aussi être impliqué dans ces afférences. Le NTS excite ensuite les neurones du noyau ambigu. Ceux-ci envoient des signaux efférents via les nerfs vague (X), hypoglosse (XII) et trigéminal (V3) vers les muscles linguaux, pharyngés et abaisseurs de la mandibule, pour déclencher le réflexe nauséeux ((Logemann, 1983; Martin, 1996; Perlman & Schulze-Delrieu, 1997) cités par (Scarborough & Isaacson, 2006)).

Pendant le développement des réseaux du tronc cérébral, des fibres transitoires projettent sur le NTS. Elles arrivent du visage et de la langue par le nerf trijumeau (V) mais aussi des bras et des jambes par la voie des colonnes dorsales (Perlman & Schulze-Delrieu, 1997). Ces connexions expliquent le réflexe nauséeux déclenché par contact tactile chez le nouveau-né.

Le réflexe de déglutition stimulé par l'alimentation activerait dans le NTS un interneurone inhibiteur de ces afférences ((Jean, 1984a, 1984b; Jean, 2001; Perlman & Schulze-Delrieu, 1997) cités par (Scarborough & Isaacson, 2006)). Grâce à l'alimentation continue et la déglutition, l'inhibition permanente de ces fibres permettrait leur rétractation et leur disparition rapide après la naissance. (Scarborough & Isaacson, 2006) Une stimulation diminuée du réflexe de déglutition entrainerait un échec de cette rétraction et la persistance d'un réflexe nauséeux anormal ((Als, 1982; Scarborough, 2002) cités par (Scarborough & Isaacson, 2006)). Les retards dans l'alimentation orale et le manque d'aliments déglutis dans le cadre d'une alimentation par sonde pendant les 3 premiers mois de vie, stades critiques du développement nerveux postnatal, contribueraient à la persistance de ce réflexe nauséeux aberrant. (Scarborough, 2002).

1.3.5. La gustation

On distingue principalement cinq types de saveurs : sucré, salé, acide, amer et umami mais il en existe d'autres (astringentes, …). Toutes les régions de la langue perçoivent ces différentes saveurs (Raliou et al., 2009) mais les récepteurs ainsi que les seuils de détection sont différents pour chacune, selon les zones linguales. Ces saveurs sont d'ailleurs traitées dans des zones différentes du cortex gustatif. (Purves et al., 2015)

Les informations gustatives renseignent sur la comestibilité de l'aliment mais aussi sur sa perception agréable ou désagréable et ses qualités nutritives. Elles préparent le tractus gastro-intestinal à recevoir la nourriture et provoquent la salivation et la déglutition si la substance est acceptable. Si elle est dangereuse ou désagréable, c'est le réflexe nauséeux qui est déclenché. Les bébés ont une préférence pour le sucré en raison du continuum sapide avec le liquide amniotique, tandis qu'ils fuient la saveur amère, synonyme de danger.

Les modalités sensorielles gustatives sont innées et universelles. Dès la naissance, tous les nouveau-nés réagissent par les mêmes mimiques innées, réflexes et spécifiques aux différents goûts. C'est le réflexe gusto-facial décrit par Chiva ((Chiva & Zazzo, 1985) cité par (Thibault, 2007)). Ces mimiques universelles sont décodées et reproduites par les parents grâce aux neurones miroirs. Elles constituent les débuts de la communication avec l'enfant avant le sourire et les émotions de satisfaction.

Les papilles gustatives sont fonctionnelles dès la 15ème SA (Couly et al., 2015). Le fœtus détecte ainsi les saveurs présentes dans le liquide amniotique qu'il déglutit. Celles-ci dépendent de l'alimentation de sa mère.

Le système gustatif est un système chimiosensible, comme le système olfactif. Les substances gustatives rassemblées dans les tranchées entourant les papilles sont perçues par les cellules réceptrices contenues dans les bourgeons du goût. Ceux-ci sont répartis sur le dos de la langue, le voile du palais, l'épiglotte, le pharynx et la partie supérieure de l'œsophage (Purves et al., 2015). Les informations gustatives sont ensuite transmises au NTS, aussi appelé noyau gustatif du complexe du faisceau solitaire (Purves et al., 2015). Sa région rostrale reçoit les informations gustatives en provenance de la langue mobile par le nerf intermédiaire de Wrisberg (VII bis). Sa région intermédiaire réceptionne celles de la base de langue via le nerf glossopharyngien (IX). Enfin, sa région caudale reçoit celles de l'épiglotte et de l'œsophage par les nerfs vague et laryngé supérieur (X). Cette dernière zone reçoit également les afférences sensorielles végétatives des branches sous-diaphragmatiques du nerf vague (X) contrôlant la

motricité gastrique (Couly et al., 2015). Des interneurones connectent les parties caudale et rostrale du NTS. Cette interaction entre les messages végétatifs et gustatifs constitue probablement la branche sensitive d'un arc réflexe gustativo-végétatif stimulant le réflexe nauséeux face à un aliment dangereux (Purves et al., 2015).

Les fibres issues de la partie gustative du NTS projettent sur le VPM du thalamus. Celui-ci envoie ensuite les informations vers des régions corticales dont la partie antérieure de l'insula (cortex gustatif de l'insula) dans le lobe temporal et l'opercule dans le lobe frontal. Ces régions traitent les informations et permettent le déclenchement du plaisir. Il existe dans le cortex orbitofrontal (COF), une aire gustative secondaire dont les neurones répondent à des stimuli multimodaux (visuels, somesthésiques, olfactifs, gustatifs). Lorsque le rassasiement est atteint, ces neurones orbitofrontaux spécifiques diminuent leur décharge pour la saveur consommée chez le singe. Cela suggère l'implication de ces neurones dans la motivation alimentaire. (Purves et al., 2015)

Des connexions indirectes et réciproques relient également le NTS à l'hypothalamus, qui régule de nombreux comportements, et à l'amygdale. Ces connexions sont probablement en lien avec les aspects affectifs de l'appétit (plaisir, aversion, recherche de nourriture), la satiété et d'autres comportements homéostatiques associés à l'alimentation. (Purves et al., 2015)

Par ailleurs, les informations de texture et de température, complémentaires des informations gustatives pour l'appréciation des aliments, sont transmises par le système trigéminal au thalamus et aux cortex somesthésiques, comme décrit précédemment.

1.3.6. ***L'o*lfaction**

Les odeurs renseignent sur les aliments et sur l'environnement. « Elles influencent les interactions sociales, la reproduction, les réactions de défense et le comportement alimentaire. » (Purves et al., 2015)

Très développé chez le nouveau-né, le système olfactif est à la base de l'attachement. Il se développe entre 11 et 24 SA ((Schaal, 1995) cité par (Schaal, 1997)) et n'est efficient qu'à partir du 3ème trimestre de grossesse. Il est lié au système trigéminal et au système gustatif.

Le fœtus inhale et exhale le liquide amniotique. Il est ainsi exposé à l'écologie olfactive alimentaire et aérienne de sa mère, qui influence ses préférences et ses choix alimentaires après la naissance (Schaal, Marlier, & Soussignan, 2000). Le nouveau-né ne semble pas différencier l'odeur de son liquide amniotique de celle du colostrum (Marlier, Schaal, & Soussignan, 1996) cité par (Schaal, 1997)). Ce continuum lui permet de s'orienter vers les odeurs mémorisées lors

de son expérience anténatale ((Schaal & Orgeur, 1992) cité par (Schaal, 1997)). Il est ainsi attiré par le lait dès la naissance. Certaines odeurs sont identifiées par le bébé comme plaisantes et attirantes alors que d'autres sont considérées comme repoussantes ou désagréables. L'olfaction peut ainsi modifier le rythme respiratoire et accélérer ou décélérer la succion.

Il existe deux voies olfactives complémentaires : la voie orthonasale (directe) et la voie rétro-nasale (lors de la mastication). Les substances chimiques constituant les stimuli odorants sont perçues par les cils olfactifs contenus dans l'épithélium du sommet de la cavité nasale. Les afférences olfactives sont ensuite transmises directement aux cellules mitrales dans le bulbe olfactif homolatéral, sans relais thalamique ni rhombencéphalique (Purves et al., 2015). Cela distingue le système olfactif des autres systèmes sensoriels impliqués dans l'oralité.

Les afférences sont acheminées via le tractus olfactif vers le cortex piriforme, dans le lobe temporal ainsi que vers le tubercule olfactif et le cortex enthorinal, ces régions constituant le cortex olfactif primaire. Celui-ci renvoie des influx vers le bulbe, ce qui permet d'affiner et d'interpréter les informations dès ce premier relais.

Le cortex olfactif primaire, ou plus simplement le cortex piriforme, envoie ensuite les informations vers le noyau médio-dorsal du thalamus. Ces connexions influencent la mémoire dépendant de l'olfaction, via des connexions avec le cortex frontal. Celui-ci reçoit des afférences en provenance des systèmes gustatif, visuel et somesthésique et les intègre pour permettre la reconnaissance des odeurs et de leur valeur de récompense (valence). Par ailleurs, des connexions entre le cortex piriforme, l'amygdale et l'hypothalamus, influencent quant à elles l'activité viscérale, l'appétit et les comportements sexuels. (Purves et al., 2015)

Les réseaux neuronaux de l'olfaction sont très particuliers et étroitement liés au système limbique. Ces liens permettent l'association entre une odeur et un souvenir ainsi que la création de réponses affectives, différentes selon les individus (Purves et al., 2015).

L'information olfactive largement distribuée au niveau cortical peut influencer les réactions aux stimuli olfactifs (motrices, végétatives, émotionnelles : salivation, augmentation de la motricité gastrique, nausées, vomissement,…) et de nombreux comportements, notamment alimentaires (Purves et al., 2015).

Lorsqu'une odeur est associée à un plaisir, comme lors de la tétée, le bébé réalise des apprentissages olfactifs et développe des préférences, notamment pour le lait de sa mère (Benoist Schaal, 1997). L'olfaction permet de suivre une cible et de la localiser. Elle renforce et guide ainsi le tactile dans l'orientation du jeune enfant. Il est probable que celui-ci s'oriente vers le sein de la mère par reconnaissance olfactive. L'odeur de sa mère déclenche la succion

chez le bébé (Sullivan et al., 1998). Celle-ci est particulièrement stimulée par l'odeur du sein (Russel, 1976). En effet, l'aréole dispose de glandes (corpuscules de Montgomery) qui s'expriment plus lors de la tétée, quand le sein est plus chaud. Cela participe à la communication olfactive avec l'enfant. (Broca, 2017) La mise au sein immédiate après la naissance permet une reconnaissance olfactive de sa mère par le bébé et un ancrage durable de celle-ci à long terme.

1.3.7. Les compétences visuelles

Le système oculaire se développe dès la 5ème SA. Les mouvements oculaires lents apparaissent dès la 16ème SA et les mouvements rapides vers la 19ème SA. La myélinisation des voies visuelles débute vers la 34ème SA et n'est pas terminée à la naissance. (Broca, 2017)

Chez les primates, le traitement visuel est d'abord sous-tendu par des voies sous-corticales puis par les structures corticales après une période de transition. Chez l'homme, des études avancent que les traitements visuels seraient sous-tendus à la naissance à la fois par des mécanismes sous-corticaux et corticaux en interaction. En effet, les fonctions visuelles seraient induites par les voies sous-corticales jusqu'à 48 SA ((Dubowitz, Mushin, De Vries, & Arden, 1986) cité par (Futagi et al., 2016)) tandis que les réseaux allant de la rétine vers le cortex visuel sont fonctionnels deux semaines après le terme (soit 39 SA). (Futagi, 2017). Le système visuel a de fortes prédispositions à la naissance et certains stades initiaux des fonctions visuelles sont déjà présents à cette période ((Greenough, Black, & Wallace, 1987) cité par (Futagi et al., 2016)).

A la naissance, le bébé peut voir des objets avec un contraste fort (noir et blanc). Il voit à 30 cm et est hypermétrope. Pour activer les circuits neuronaux, des stimulations sensorielles répétées après la naissance sont essentielles. La stimulation visuelle la plus fréquente est l'approche du mamelon et du visage de la mère, que le nouveau-né expérimente avec impatience et attention. (Futagi et al., 2016). La posture de l'allaitement et du biberon offre des échanges privilégiés de regards, constituant le lien parent-enfant et les premières interactions.

Le bébé est captivé par les mouvements (perçus par le système visuel périphérique), d'où son intérêt pour les mouvements labiaux. La capture des mouvements de sa main provoque des alertes visuelles entrainant une rotation du cou et une poursuite oculo-céphalogyre vers la source en mouvement. Pendant les 3 premiers mois postnataux, la coordination vision focale-vision périphérique permet la poursuite du regard en fonction d'un projet spatial. (Bullinger & Delion, 2015) Le réflexe de fixation apparait vers 1 mois et celui de convergence est acquis vers 4 mois (Broca, 2017). La vision se met en place par étapes pendant les 6 premières années.

La rétine appartient au SNC car elle est issue du diencéphale. L'information perçue par ses cellules emprunte le nerf optique (II) jusqu'au chiasma optique. Les axones de chaque côté s'y rejoignent et forment le tractus optique jusqu'au corps genouillé latéral du thalamus. Les informations sont ensuite envoyées vers le cortex visuel primaire, dans le lobe occipital. Ces voies forment la voie visuelle primaire, réticulo-géniculée-striée. (Purves et al., 2015)

Deux voies visuelles s'étendent à partir du cortex visuel primaire. La voie ventrale (voie du what) se termine dans le cortex temporal inférieur et permet la reconnaissance d'objets. Elle se développe avec la vision focale. La voie dorsale (voie du where) aboutit quant à elle dans le cortex pariétal postérieur et permet la localisation des objets dans l'espace. Elle est prédominante chez le jeune enfant. Le cortex pariétal postérieur a par ailleurs des connexions réciproques denses avec les aires prémotrices du cortex frontal, impliquées dans la planification, la programmation et l'exécution des comportements moteurs. Les neurones de ces régions contrôlent le mouvement de la bouche et de la main vers les objets proches du corps pour les attraper ((Rizzolatti & Kalaska, 2014) cité par (Futagi et al., 2016)). Ces connexions constituent les circuits visuomoteurs qui contrôlent les actions dirigées vers un but et guidées visuellement ((Rizzolatti & Strick, 2014) cité par (Futagi et al., 2016)).

II. Les coordinations œil-main-bouche

2.1. La coordination main-bouche

2.1.1. In utero

Chez le fœtus, le mouvement associé main-bouche, un des éléments prototypiques de la coordination œil-main-bouche, est observé dès 10 - 13 SA ((Humphrey, 1978; Ianniruberto & Tajani, 1981; de Vries, Visser, & Pretchl, 1984) cités par (Futagi et al., 2016)). La main vient fréquemment vers la tête, le visage et la bouche (Ianniruberto & Tajani, 1981) et des contacts main-visage avec de rares insertions des doigts dans la bouche surviennent (de Vries et al., 1984). Un substrat de connexions neuro-anatomiques se développe et doit être mis en place entre 12 et 15 SA (Gallagher, Butterworth, Lew, & Cole, 1998), âge auquel la corrélation main-bouche devient manifeste. Des mouvements main-bouche surviennent alors entre 50 et 100 fois par heure (de Vries et al., 1984). La stimulation palmaire suscite l'ouverture prévisible de la bouche, suggérant que ces mouvements correspondent à une coordination précoce organisée centralement. La formation du cortex et notamment du cortex moteur n'en est alors qu'à ses débuts. L'embranchement dendritique et la synaptogenèse ne sont encore que minimes ((Rakic,

1995) cité par (Gallagher et al., 1998)). Les contacts main-visage et main-bouche semble donc contrôlés par un centre de programmation déclenchant les mouvements spontanés, situé dans la formation réticulée du tronc cérébral, plutôt que par le cortex. La matrice neuronale qui sous-tend la coordination main-bouche inclut dès 8 SA des structures à la fois corticales et sous-corticales, incluant les zones responsables de la coordination motrice ainsi que des projections limbiques et thalamiques ((O'Rahilly & Müller, 1994) cité par (Gallagher et al., 1998)).

Progressivement, les contacts main-visage concernent de plus en plus la zone de la bouche. Pendant le 3ème trimestre de grossesse, la proportion de contacts main-bouche parmi le nombre de mouvements de la main vers le visage augmente jusqu'à 50% et la bouche s'ouvre de plus en plus souvent en anticipation du contact main-bouche. Les contacts deviennent plus précis et directs ((Zoia et al., 2007) cité par (Futagi, 2017)).

Le mouvement associé main-bouche évolue ainsi d'un mouvement spontané sans objectif vers un comportement moteur organisé et dirigé dans le but d'un contact main-bouche, certainement en lien avec la maturation corticale et la préparation de l'alimentation après la naissance. ((Reissland, Francis, Aydin, Mason, & Schaal, 2014) cité par (Futagi, 2017)) A l'approche du terme, le contrôle des contacts main-bouche par des mécanismes cérébraux supérieurs devient ainsi dominant par rapport à celui des circuits neuronaux du tronc cérébral.

2.1.2. Chez le nouveau-né

La coordination entre la main et la région péri-orale est observable dans les mouvements de la main vers la bouche qui sont intégrés dans les mouvements spontanés du nouveau-né. Ce dernier peut diriger sa main vers sa bouche de façon directe ou indirecte (dans près d'un tiers des mouvements du bras vers le visage) ((Butterworth & Hopkins, 1988; Lew & Butterworth, 1995) cités par (Gallagher et al., 1998)). Cependant, les mouvements de la main vers la bouche chutent énormément si on introduit une tétine dans la bouche du bébé. On parle alors d'extinction motrice ((Rochat, 1993) cité par (Futagi, 2017)).

Lorsqu'un contact main-bouche est établi, il peut être maintenu significativement plus longtemps qu'un contact main-visage. Puisque cette préférence a été observée dès les 2ème et 3ème jours de vie, il s'agit d'un apprentissage anténatal et non du résultat de réponses réflexes ou impulsives. De plus, la bouche s'ouvre en anticipant l'arrivée de la main. La coordination main-bouche chez le nouveau-né semble donc être un pattern de mouvements organisé proprioceptivement par des mécanismes nerveux centraux, formés avant la naissance. La

matrice neuronale qui la sous-tend est complexe, répartie en une variété d'aires corticales et sous-corticales. Elle offre la probabilité d'un grand nombre de schémas moteurs spécifiques.

Dans la toute petite enfance, la succion de la main est plus fréquente avant l'alimentation qu'après ((Feldman & Brody, 1978) cité par (Gallagher et al., 1998)). De plus, la forte relation entre les contacts main-bouche et l'ouverture de bouche n'est notée que quand le bébé a faim (Lew & Butterworth, 1995). Lors de l'allaitement, les mains sont portées de chaque côté de la bouche. Cette posture offre alors, en plus de l'apaisement, un lien entre la main, la bouche et l'alimentation ((Caesar, 1979) cité par (Gallagher et al., 1998)). Par ailleurs, lorsqu'on donne à un nouveau-né quelques gouttes sucrées, en l'absence de sein celui-ci suce sa main ((Blass, Fillion, Rochat, Hoffemeyer, & Metzger, 1989; Rochat, Blass, & Hoffeymer, 1988) cités par (Gallagher et al., 1998)). Ces différents éléments sont en faveur d'un lien étroit et précoce entre le comportement alimentaire et la coordination main-bouche chez le nouveau-né. Cette dernière pourrait être un précurseur développemental du self-feeding (alimentation autonome).

Cela est soutenu par les résultats neuro-anatomiques mis en évidence chez les primates. En effet, un réseau dédié au comportement alimentaire a été identifié chez le singe ((Carmichael & Price, 1995) cité par (Gallagher et al., 1998)).

Un circuit d'interconnexions importantes et spécifiques existe entre les régions du cortex préfrontal qui reçoivent les afférences gustatives (aire 13l) et le cortex somato-sensoriel représentant la main, le bras et le visage. De plus, le cortex prémoteur ventral projette vers les aires préfrontales (Carmichael & Price, 1995). Il a un rôle dans les mouvements main-bouche ((Jackson & Husain, 1996) cité par (Gallagher et al., 1998)). Sa stimulation déclenche en effet des mouvements oraux et de la main chez le singe-chouette ((Preuss, Stepniewska, & Kaas, 1996) cité par (Gallagher et al., 1998)). Ainsi, des neurones préfrontaux s'activent lors de mouvements de grasping (capture) avec la main ou la bouche dirigés vers des aliments. ((Rizzolatti et al., 1988) cité par (Gallagher et al., 1998)).

Grâce à ces interconnexions, les projections des représentations somato-sensorielles rencontrent celles des aires prémotrices. Ce réseau est dédié au comportement alimentaire.

Les mouvements main-bouche associés du fœtus puis la coordination main-bouche du nouveau-né sont des formes précoces de comportements moteurs dirigés dans un but et fortement liés au système alimentaire (Rochat, 1993). Ils ne sont pas guidés visuellement mais proprioceptivement pendant la vie fœtale et encore pendant quelques temps après la naissance, les yeux n'étant pas plus susceptibles d'être ouverts que fermés quand la main trouve directement la bouche (Butterworth & Hopkins, 1988; Lew & Butterworth, 1995)). La

coordination main-bouche sera ensuite fréquemment associée à l'activité visuelle (convergence d'alerte) chez le nouveau-né et cette association précédera la future coordination œil-main-bouche (Korner & Beason, 1972).

2.2.La coordination œil-main

Une forme rudimentaire de coordination œil-main existe chez le nouveau-né. Il s'agit du mouvement associé œil-main. A la naissance les bébés ont une vision focale limitée mais une vision périphérique mature, spécialisée dans la perception du mouvement (Bullinger & Delion, 2015). Le développement d'un contrôle visuel des mouvements du bras démarre rapidement après la naissance ((van der Meer, van der Weel, & Lee, 1995) cité par (Futagi, 2017)). Ainsi, le bras du nouveau-né s'approche plus près d'une cible quand le bébé la fixe plutôt que quand il ne la fixe pas ((von Hofsten, 1986) cité par (Futagi, 2017)). De plus, les nouveau-nés préfèrent les mouvements dirigés vers le monde extérieur, quand ceux-ci ont un objectif ((Craighero, Leo, Umiltà, & Simion, 2011) cité par (Futagi, 2017)). En effet, ils préfèrent la vision d'une main ouverte vers un objet à celle d'une main fermée ou ouverte sans objet à proximité, et celle d'une main attrapant un objet par une préhension totale plutôt que par une pince digitale. Ils peuvent donc faire la différence entre les indices visuels indiquant des actions dirigées dans un but ou non dirigées dans un but.

Cette association œil-main post-natale peut constituer les précurseurs sensori-moteurs de la réelle coordination œil-main qui commence à se développer entre 6 et 8 semaines ((White, Castle, & Held, 1964) cité par (Korner & Beason, 1972)). Celle-ci est chez les nouveau-nés un comportement moteur guidé visuellement et dirigé dans un but.

2.3.La coordination œil-bouche

Des mouvements associés œil-bouche existent chez le nouveau-né dès le 1er mois de vie. L'ouverture de la bouche guidée visuellement vers une cible en approche existe chez le nourrisson de 2 jours : à l'approche d'un bout de doigt, celui-ci ouvre la bouche (Futagi et al., 2016). Dans cette étude, la cible s'arrête juste en face de la bouche. Les nouveau-nés montrent une intention et des émotions puisqu'après plusieurs répétitions, ils s'énervent et pleurent lorsque la cible s'immobilise avant d'atteindre leur bouche. Des mouvements des bras peuvent être associés pour l'attraper ou la chasser, signant le début de la coordination œil-main-bouche.

Ces mouvements associés œil-bouche constituent une forme rudimentaire de coordination œil-bouche. Ils semblent être contrôlés par des circuits visuomoteurs rudimentaires présents dans le cortex à la naissance et fonctionnels très rapidement après celle-ci (Futagi et al., 2016). Ces comportements ne semblent pas sous-tendus par le tronc cérébral mais sont plutôt attribuables à une fonction corticale en raison de l'intention et de l'émotion montrées.

Ces comportements évoluent vers des comportements plus sélectifs entre 3 et 4 mois (Futagi et al., 2016). Le stimulus efficace pour susciter la réaction d'ouverture de bouche varie en effet avec l'âge ((Rubinow, Frankl, & Bühler, 1934) cité par (Futagi et al., 2016)). Dans le 1er mois de vie, la bouche s'ouvre à l'approche d'un bout de doigt (Futagi et al., 2016), similaire dans une certaine mesure à un mamelon, mais pas à l'approche d'une paume de main. Par ailleurs, le nouveau-né présente un comportement d'évitement face aux objets de dimension supérieure à son visage. Il différencie donc des objets dont la forme est très différente. A partir de 3 mois, il ne réagit plus à l'approche d'un bout de doigt. Il a donc des habiletés cognitives concernant la forme, la taille et les propriétés caractéristiques des objets, utiles pour en extraire un bénéfice alimentaire. A 4 mois, il ouvre la bouche à l'approche d'un objet pointu et à 6 mois, uniquement à celle de la projection d'un mamelon. Le bébé semble donc déjà avoir une compréhension contextuelle des situations et des intentions de l'autre, prémices de la théorie de l'esprit.

L'ouverture de bouche à l'approche d'une cible visuelle, comportement moteur guidé visuellement dans un but, semble se développer chez le nouveau-né pour l'alimentation. En effet, elle semble étroitement liée à un comportement alimentaire, n'étant pas observée chez des enfants repus (Futagi et al., 2016). La faim, l'attention visuelle et l'éveil sont indispensables pour la susciter.

2.4.La coordination œil-main-bouche

La coordination œil-main-bouche est essentielle pour se nourrir chez tous les grands animaux. Chez le nouveau-né elle est le précurseur de la future alimentation autonome et est une des intégrations motrices les plus importantes de la vie.

Les mouvements associés décrits précédemment sont les éléments prototypiques rudimentaires de cette coordination. Un continuum existe entre les premières coordinations de la vie intra-utérine et celles de la vie aérienne, qui soumet l'enfant à la pesanteur. L'association temporelle de ces comportements, observée rapidement après la naissance, évolue progressivement vers une réelle coordination de ces mêmes comportements. Cette coordination

plus organisée et volontaire débute juste avant 5 mois. ((Illingworth, Nair, & Russell, 2013; White et al., 1964) cités par (Futagi et al., 2016))

Chez le nouveau-né, elle est un comportement moteur guidé visuellement et dirigé dans un but avec intention et émotion. Sa manifestation rapide après la naissance signe la présence et l'efficience des circuits neuronaux impliqués, formés dans le cerveau du fœtus pour permettre l'utilisation précoce de la main après la naissance.

Le contrôle des actions de la main pour se nourrir est basé sur un réseau neuronal largement étendu aux différents cortex, comme l'alimentation. Il est très probable que la coordination œil-main-bouche, précurseur de l'alimentation autonome, soit sous-tendue par un réseau neuronal de circuits visuo-moteurs incluant le cortex visuel primaire, la voie dorsale et le cortex pariétal postérieur, la voie ventrale, le cortex prémoteur et le cortex préfrontal (Futagi et al., 2016; Rizzolatti & Strick, 2014). En effet, ces circuits visuo-moteurs sous-tendent différents types de comportements moteurs guidés visuellement, comme les mouvements de la bouche, du bras et de la main pour atteindre une cible. Le cortex frontal a des connexions denses avec le cortex prémoteur. Il a un rôle primordial dans le contrôle du choix et de la réalisation d'une action de la main en fonction d'un objectif dans une situation, selon les informations mémorisées concernant la forme et les propriétés des objets.

La coordination oeil-main-bouche est très probablement attribuable aux mêmes réseaux neuronaux que chez l'adulte mais qui seraient sous-développés chez le nourrisson, selon les connaissances fournies par les neurosciences cognitives (Futagi, 2017). Cette coordintion dirigée dans un but ainsi que les capacités cognitivo-perceptives du bébé semblent contrôlées par les hautes fonctions corticales plutôt que par un simple mécanisme réflexe du tronc cérébral.

Les bébés naissant prématurément offrent un modèle pathologique d'altération de la croissance dendritique et des circonvolutions. Ils présentent souvent une restriction des mouvements et donc de ces contacts main-bouche et souffrent souvent de troubles de l'oralité.

III. Les stratégies neuronales

3.1. La théorie de sélection des groupes neuronaux (TSGN) (Edelman, 1992)

3.1.1. Principes généraux

La TSGN explique le développement cérébral anatomique et fonctionnel. Elle rend également compte de la façon dont l'interaction entre les réseaux neuronaux et les informations

provenant de l'environnement (processus de réentrée) permet l'émergence des fonctions capitales pour le comportement. (Jouen & Molina, 2007)

Selon cette théorie, le développement neuronal et celui du jeune enfant dépendent à la fois de contraintes internes biologiques (génétiques) et externes (environnementales). C'est le principe épigénétique de Waddington (1962). Le développement n'est pas prédéterminé : les conduites du nouveau-né émergent en fonction des expériences variées offertes dans ses interactions avec son environnement. Ce dernier a donc un rôle primordial.

Dans la TSGN, le nouveau-né et son système nerveux sont des systèmes ouverts, plastiques, intégrant en permanence l'expérience du sujet. Le développement du SNC et des fonctions cognitives, motrices, etc. repose sur un processus de sélection probabiliste opérant sur un système initialement variable et redondant. Ces notions sont issues des thèses darwiniennes.

3.1.2. Processus du darwinisme neuronal

Au cours du développement, les neurones voisins se connectent et forment des circuits. La sélection opère sur les synapses et sur ces populations de neurones étroitement connectés.

La neurogenèse est soumise à la redondance. Ainsi, les neurones sont d'abord très nombreux et liés à une multitude de synapses. Par compétition neuronale et spécialisation progressive, les neurones diminuent leurs connexions avec les sites cibles : des synapses disparaissent (Broca, 2017). De plus, après la surproduction de neurones observée pendant le développement, 80% d'entre eux, peu actifs ou non stimulés par les facteurs environnants, disparaissent par apoptose. L'élimination sélective neuronale et synaptique commence avant la naissance et est primordiale dans le développement. Elle permet une meilleure efficience cérébrale ((Changeux, Courrege, & Danchin, 1973), cité par (Jouen & Molina, 2007)). L'ajustement des connexions neuronales dépend de l'activité des neurones et donc des activités motrices et sensorielles du sujet dans ses interactions avec son environnement (Broca, 2017). Il est donc très variable selon les individus. Les réseaux neuronaux mis en place par cette sélection neuronale sont appelés répertoires primaires.

Ces territoires anatomiques primaires se différencient ensuite grâce aux effets de l'expérience en circuits fonctionnels secondaires. La spécificité fonctionnelle des neurones n'apparait donc que secondairement, selon les stimulations reçues. Ce deuxième mécanisme de sélection renforce ou affaiblit les connexions synaptiques, sans entrainer de modifications anatomiques. Il sous-tend l'apprentissage, la mémoire et les fonctions cognitives.

Les répertoires primaires et secondaires s'organisent en cartes pour accomplir leurs fonctions. Ces cartes desservent différentes modalités de stimulation et sont interconnectées. Elles sont variables selon les individus.

Les stimuli sensoriels sont échantillonnés par différents canaux sensoriels. Les répertoires secondaires mettent en corrélation temporelle des stimuli en fonction de leur fréquence et de leur localisation pour favoriser les réponses spécifiques d'un groupe neuronal particulier. Au fur et à mesure de la sélection de certains groupes, d'autres groupes sont sélectionnés en même temps. Des couples de classification sont formés entre des cartes fonctionnellement différentes. Les interactions entre les cartes permettent de transmettre des signaux réentrants. Grâce à cela, des groupes neuronaux éloignés peuvent être unis par une co-activité temporelle suite à un stimulus sensoriel. Certaines fonctions sont ainsi largement distribuées dans le cortex. C'est le cas du traitement des informations sensorielles. La coordination et le renforcement des interconnexions par réentrée, mise en résonnance spatiale et temporelle, est la base du comportement. Le processus de réentrée constitue la relation entre le physiologique et le psychologique. Le développement du SNC est ainsi le fruit d'ajustements continus et adaptatifs à l'environnement.

Les bébés découvrent les propriétés de leurs actions et des objets à travers des expériences multimodales permettant une redondance perceptive et neuronale et l'interaction entre différents systèmes de traitement par réentrée, indispensables à toute cognition. Le bébé a ainsi une perception et une représentation unifiées, stables et cohérentes de lui-même et de son environnement. La multimodalité permet d'organiser et d'échantillonner le réel.

3.1.3. ***L'importance du mouvement de l'enfant dans les théories neuronales.***

La TSGN est une théorie de l'émergence des conduites cognitives à partir de l'intégration sensori-motrice.

La variabilité offerte par l'environnement est captée par le bébé grâce à son SNC. L'organisation redondante de celui-ci permet la réalisation de comportements sensorimoteurs redondants et très variables. Le bébé s'oriente vers l'environnement dans ses conduites posturales et sensori-motrices riches et variées ainsi que dans ses compétences cognitivo-perceptives (ex : discrimination des sons de la parole, des visages) et cognitivo-sociales (imitation, communication). (Jouen & Molina, 2007)

Le mouvement est selon Edelman le « *chef d'*orchestre du comportement ». Les cartes interconnectées de façon réentrante ont de nombreuses sorties associées au comportement moteur. Ce couplage donne naissance à des « cartographies globales *d'intégration motrice* » (Jouen & Molina, 2007). Celles-ci contiennent des cartes réentrantes motrices et sensorielles et évoluent dans le temps et selon le comportement. Le mouvement fait varier l'échantillonnage sensoriel et augmente la variabilité des informations entrantes. Il permet aussi de stabiliser une carte globale en créant une boucle dynamique ajustant les gestes et la posture aux signaux environnementaux. Les signaux internes et externes aboutissent sur d'autres mouvements spontanés qui modifient l'information sensorielle en retour et ce de façon continue et infinie. Les mouvements autogénérés par l'organisme ont donc un rôle essentiel. Ils permettent au bébé de sélectionner, grâce à la variabilité de son activité sensori-motrice, les groupes neuronaux offrant les conduites les plus adaptées à ses besoins. En effet, dans l'approche épigénétique probabiliste, sur l'ensemble des expériences et des comportements variés du nouveau-né, seuls ceux qui ont une valeur adaptative seront sélectionnés. Les connexions neuronales les sous-tendant seront renforcées par l'apprentissage. La sensori-motricité peut donc être l'outil de sélection des conduites du bébé.

La liaison des cartographies globales avec le système limbique et les centres hédonistes offre l'adaptation comportementale satisfaisant les besoins homéostatiques, sexuels, alimentaires, affectifs et cognitifs, nécessaires à la survie et l'adaptation.

De la sélection au centre de l'épigénèse probabiliste découle un principe d'équipotentialité : un même but peut être atteint par différentes voies. Cela explique les variabilités interindividuelles. La redondance et la variabilité dans les interactions sujet-environnement ainsi que dans l'organisation du SNC et dans les comportements du sujet permettent la compensation, en lien avec la plasticité neuronale. Le cerveau en développement de l'enfant est plus plastique que celui de l'adulte. Les stimulations précoces semblent donc primordiales pour stimuler les réseaux, notamment dans les rééducations motrices et sensorielles.

Les données de la neuro-imagerie confirment l'application du modèle d'Edelman. Le développement post-natal du SNC n'est pas un phénomène passif mais dépend de l'activité du sujet. L'intégration sensori-motrice serait, grâce à la réentrée, la première forme de reconnaissance du sujet, à partir de laquelle émergeraient d'autres connaissances de son environnement. Les effets de l'expérience sensori-motrice ont donc un rôle primordial. Le milieu a une influence capitale sur l'expression génétique. En effet, dans un milieu enrichi, les gènes s'expriment différemment et on observe, chez les rats, des dendrites et des synapses plus

nombreuses (Rampon et al., 2000). Les circuits de traitement de l'information sont également plus sophistiqués (Globus, Rosenzweig, Bennett, & Diamond, 1973).

Les notions de variabilité, de sélection et d'expérience constituent l'essence des relations entre le sujet et son environnement. Les activités sensori-motrices néonatales doivent présenter une importante variabilité. En effet, la sélection est influencée par l'installation du nouveau-né et la liberté laissée à ses mouvements.

3.2.Systèmes en attente d'expérience et systèmes dépendants d'expérience

Dans le développement, il existe des systèmes dépendants d'expérience (Bourgeois, 1997) et ceux en attente d'expérience ((Greenough & Black, 1992) cité par (Jouen & Molina, 2007)).

Les systèmes dépendants d'expérience s'appliquent de la même façon à tous les individus et sont modulés selon l'expérience de chaque sujet. Les variations d'expérience entrainent des variations fonctionnelles qui optimisent l'adaptation de l'individu à des traits spécifiques et uniques de son environnement. Ce processus serait actif toute la vie. Il est responsable de l'émergence de différences interindividuelles, notamment dans les fonctions cognitives et les apprentissages. L'information est en effet stockée et traitée à un moment particulier, propre au sujet. Le système de sélection secondaire de la TSGN est aussi un système dépendant d'expérience. En effet, c'est selon les expériences du sujet, comme par exemple la capture visuelle périphérique de sa main, que sont formés les répertoires secondaires.

Par ailleurs, les systèmes en attente d'expérience nécessitent pour se développer de recevoir certaines expériences environnementales (ex : la stimulation visuelle, langagière, le mouvement). Celles-ci sont attendues pour tous les individus de façon plus ou moins semblable. Le cerveau attend ces premières expériences stimulantes pour activer des synapses particulières. Ce processus concernerait surtout les apprentissages du début de la vie. Le développement d'un système en attente d'expérience se déroule autour d'une période critique pendant laquelle le système a une sensibilité accrue aux stimuli environnementaux. Cette période correspond à une surproduction de contacts synaptiques transitoires largement distribués dans le cortex. Ceux-ci doivent être confirmés par l'expérience pendant la période critique. Si les expériences attendues ne sont pas observées, une rétraction synaptique survient ((Black, Jones, Nelson, & Greenough, 1998; Greenough & Black, 1992)) cités par (Jouen & Molina, 2007)). « La fenêtre des opportunités développementales » se ferme et le développement prend une trajectoire différente. ((Nelson, 2000) cité par (Jouen & Molina, 2007)) C'est ce qui se passe par exemple

lors des « learned non-use phenomenon » (phénomènes de non-apprentissage) observés dans le développement sensori-moteur en cas d'hémiplégie (Taub, Uswatte, Mark, & Morris, 2006). Du fait de l'immobilité d'un de ses membres, l'enfant utilise plus l'autre. Le membre immobile est moins actif et désintéresse l'enfant. Il est moins stimulé et son développement neuronal est limité par la compétition neuronale. Une prise en charge précoce est primordiale pour éviter ces phénomènes. La synaptogenèse serait ainsi un processus en attente d'expérience (Greenough & Black, 1992). Des périodes critiques existent aussi dans le développement des fonctions linguistiques, cognitives et dans le domaine émotionnel. L'exposition à un environnement sécurisant est en effet nécessaire au développement émotionnel de l'enfant et probablement au développement du circuit cortico-limbique en lien avec l'émotion et sa régulation ((Dawson, Panagiotides, Klinger, & Hill, 1992; Schore, 1994) cités par (Jouen & Molina, 2007)).

Si le réseau dédié à l'alimentation est un système en attente d'expérience qui présuppose une certaine quantité de stimulation orale ou gustative, une stimulation tactile de la bouche ou la stimulation des besoins gustatifs pourrait suffire à activer le circuit commun à la bouche et à la main. Les réseaux neuronaux de ce circuit en développement doivent être renforcés par l'expérience motrice ou tactile afin de permettre leur développement normal et complet ((Shatz, 1990) cité par (Gallagher et al., 1998)). La stimulation du réseau dédié à l'alimentation dans des périodes critiques est primordiale pour sa construction. (Gallagher et al., 1998)

3.3.Circuit de la récompense et alimentation

Le circuit de la récompense est aussi appelé système de renforcement ou système hédonique. C'est le circuit méso-cortico-limbique, découvert chez le rat (Olds & Milner, 1954). Ce circuit est actif dès la fin de la grossesse et est indispensable à la survie. Il sous-tend la motivation nécessaire à la réalisation et à l'apprentissage de comportements adaptatifs vitaux comme le comportement alimentaire, la reproduction, l'évitement des dangers ainsi que les réactions émotionnelles et la construction des relations humaines. Au cours de la sélection naturelle, ces comportements ont été associés à des sensations de satisfaction, formant ce circuit pour favoriser leur exécution. Ce renforcement par la récompense motive le sujet à reproduire un comportement pour revivre l'expérience plaisante ou à l'éviter si celle-ci a été désagréable. Ce circuit oriente ainsi nos comportements.

Les structures neuronales principales du circuit de la récompense sont l'aire tegmentale ventrale (ATV), dans le tronc cérébral, le noyau accumbens (NAcc) et le cortex préfrontal. Les

réseaux neuronaux de l'ATV et du NAcc sont reliés par le faisceau télencéphale médian, faisceau du plaisir ou de la récompense. Son activation entraine la répétition de l'action gratifiante et la consolidation de ses traces nerveuses. Le circuit de la récompense inclut aussi des connexions entre les neurones de l'ATV et ceux de l'amygdale, du septum et de l'aire latérale hypothalamique (LHA).

L'ATV reçoit de plusieurs régions des informations indiquant le niveau de satisfaction des besoins fondamentaux. À l'arrivée d'un signal annonçant une récompense, son activité augmente. Elle transmet ensuite l'information au NAcc grâce à la dopamine, molécule du plaisir et du désir. Celle-ci peut être libérée en présence du stimulus ou seulement par anticipation de la récompense grâce aux représentations mentales. En effet, le sujet anticipe progressivement par apprentissage les signes annonciateurs de la récompense pour la rechercher. (Schultz, Dayan, & Montague, 1997). D'autres neurotransmetteurs (GABA, substance P et enképhaline) sont également impliqués dans ce circuit.

La composante affective de ce système (« liking ») sous-tend le sentiment de plaisir provoqué par l'obtention de la récompense (par exemple le plaisir gustatif) et le sentiment du déplaisir dû à une punition (comme la douleur). La composante « wanting » correspond à la motivation pour obtenir la récompense ou éviter la punition. Elle est déclenchée en présence du stimulus désiré, détecté par les sens, ou par sa représentation mentale. Enfin, la composante cognitive (« learning ») correspond à l'apprentissage réalisé par conditionnement.

L'alimentation est un comportement vital à visée adaptative. L'attrait pour la nourriture n'est pas seulement influencé par les besoins physiologiques mais aussi par le plaisir délivré par l'ingestion de nourriture. Le circuit de la récompense est ainsi lié au circuit dédié à l'alimentation.

Des mécanismes de régulation contrôlent le comportement alimentaire : ce sont les mécanismes homéostatiques et hédoniques. Ces derniers sont initiés par la récompense. Ces deux types de mécanismes sont intimement liés.

L'hypothalamus est la principale région qui régule la prise de nourriture homéostatique, grâce à la communication entre ses noyaux (arqué, paraventriculaire, hypothalamus ventromédial, dorsomédial et LHA).

De nombreuses aires cérébrales limbiques incluant l'ATV, le NAcc, l'amygdale, l'hippocampe, le cortex frontal médial, le COF, le gyrus cingulaire et l'insula sont quant à elles impliquées dans les aspects hédoniques de l'alimentation ((Land et al., 2014; Petrovich, Holland,

& Gallagher, 2005; Volkow, Wang, Fowler, & Telang, 2008) cités par (Liu et al., 2015)). Le caractère récompensant de la prise alimentaire est sous-tendu par le système dopaminergique.

L'interaction entre la LHA et le système méso-cortico-limbique est un élément clé de la régulation de l'alimentation. Il semble que l'initiation de la prise alimentaire et les aspects récompensants de l'alimentation hédonique sont induits par des voies distinctes qui convergent dans la LHA. ((Frank, Preshaw, Stutz, & Valenstein, 1982) cité par (Liu et al., 2015)). Cette aire intègre l'information homéostatique et organise les réponses adaptatives en modulant les fonctions cognitives, motrices, endocriniennes, ... Elle est surnommée « centre de la faim ».

Le NAcc évalue les informations concernant le statut homéostatique en intégrant des afférences des neurones de la LHA et du noyau arqué. Ses signaux efférents moteurs vers le cortex et l'hypothalamus contrôlent la prise alimentaire. ((Kelley, Bless, & Swanson, 1996; Kelley, 2004) cité par (Liu et al., 2015)). Le NAcc a ainsi un rôle fondamental dans l'anticipation des récompenses et la préparation d'actions vers une gratification.

Les réseaux entre NAcc et LHA et entre LHA et ATV peuvent sous-tendre différents aspects des comportements alimentaires. La régulation de la prise alimentaire par l'hypothalamus peut ainsi être modulée par les réseaux neuronaux de la récompense et de la motivation ((Baicy et al., 2007; Farooqi et al., 2007) cité par (Liu et al., 2015)).

Enfin, l'amygdale et l'hippocampe sont des éléments cruciaux des circuits émotionnels. Leur implication explique pourquoi la nourriture améliore l'humeur ((Davis, Strachan, & Berkson, 2004) cité par (Liu et al., 2015)). L'état homéostatique de l'organisme modifie fortement la valeur de récompense perçue.

3.4.Naissance et adaptation de la posture

La naissance entraine un changement environnemental qui modifie les interactions entre le nouveau-né et son environnement. Elle est un bouleversement tant sur le plan du fonctionnement des fonctions respiratoires et alimentaires que sur celui de l'adaptation de la posture du nourrisson. Les compétences sensori-motrices présentent un continuum périnatal. Cependant, l'organisation tonique et posturale de l'enfant est soumise à de nouvelles contraintes. Le nouveau-né doit gérer à la fois la pesanteur et une nouvelle modalité sensorielle : la vision. L'environnement doit donc offrir au nourrisson les expériences nécessaires pour qu'il s'approprie ce nouveau système multimodal.

Le regroupement offert dans sa posture fœtale lui permettait d'explorer ses fonctions orales et son environnement. Après la naissance, il peut être reproduit lors du portage. La manipulation de l'enfant dans le cadre du soin (nourrissage, toilette) (handling) offre de nombreuses sensations tactiles et auditives. De plus, la façon dont le parent porte son enfant (holding) a une valeur affective et est une introduction du corps dans l'espace.

Par ailleurs, les réflexes présents à la naissance guident le développement du bébé. La posture tonique asymétrique du cou (PTAC), par exemple, offre à l'enfant la possibilité d'entretenir le lien œil-main-bouche en construction. L'enfant passe progressivement d'une motricité réflexe à une motricité volontaire organisée corticalement et plus complexe, grâce à des expériences répétées qui inhibent les comportements sous-corticaux.

Pour les parents, les dispositifs d'installation soutiennent leur enfant contre une pesanteur qu'ils jugent inacceptable et insupportable. En 2000, plus de 40% des 636 enfants étudiés par Littlefield passaient entre 1,5 et 4h par jour dans un dispositif d'installation contre moins de 20% en 1998 ((Littelfield, Kelly, Reiff, & et al., 2003) cité par (De Bock, Braun, & Renz-Polster, 2017)). Ces dispositifs sont donc de plus en plus utilisés. En parallèle le nombre de plagiocéphalies positionnelles a augmenté, signant une immobilité plus importante des enfants. En effet, les dispositifs d'installation limitent l'exploration et l'expression des mouvements spontanés, primordiales dans le développement. La PTAC est impossible dans ces dispositifs. L'œil, la main et la bouche, dont la coordination sous-tend la future alimentation autonome, entrent plus difficilement en contact. Les réseaux neuronaux qui sous-tendent la coordination œil-main-bouche risquent donc de moins bien se développer.

IV. L'évaluation du comportement sensori-moteur du nourrisson par les General Movements (Hadders-Algra, 2003)

4.1. Description initiale

Prechtl, pionnier dans l'étude du développement neurologique précoce a étudié l'activité motrice du fœtus (Prechtl, 1990). Il a défendu le fait que la motilité spontanée du fœtus et du nourrisson jouait un rôle important dans la survie et l'adaptation. Il a proposé en 1990 une technique d'évaluation de l'intégrité du fonctionnement cérébral du bébé. Celle-ci est basée sur l'évaluation de la qualité des General Movements (GMs) (mouvements généraux), c'est à dire

de la motricité globale spontanée du très jeune enfant. Elle complète l'évaluation neurologique, l'imagerie cérébrale et les tests neurophysiologiques.

Les GMs sont des mouvements spontanés complexes mobilisant tout le corps. Ils durent de quelques secondes à plusieurs minutes. Présents dès 7-8 SA, ce sont les mouvements les plus utilisés pendant la vie fœtale. Ils restent observables jusqu'à 3-4 mois après la naissance. Ils sont caractérisés par une variation de l'ordre des mouvements de la tête, du tronc, des bras, des jambes. L'intensité, la force et la vitesse de ces mouvements varient également. L'apparition et la fin des séquences de GMs sont progressives.

On distingue trois étapes dans le développement des GMs, indiquant deux phases de transformation neuronale. Les GMs « préterme » sont présents avant 36-38 SA. Très variés, ils mettent beaucoup en jeu le tronc. Les « writhing » sont ensuite observés de 36-38 SA à 8 semaines après le terme. Ils sont plus puissants que les mouvements prétermes et donnent l'impression d'être plus lents. Le tronc y participe moins. Les « fidgetys » surviennent enfin et sont observables jusqu'à la disparition des GMs, progressivement remplacés par les mouvements volontaires. Ils se composent d'un flot continuel de petits mouvements élégants de tout le corps auxquels peuvent se superposer des mouvements longs et intenses, ce qui leur vaut la qualification de « danse ». La tête, le tronc et les membres participent autant.

4.2.Evaluation de la qualité des GMs

La technique d'évaluation des GMs est basée sur l'évaluation de la qualité de la motricité spontanée. Les éventuels changements dans cette qualité de mouvements sont estimés par la perception de « Gestalt », perception globale du comportement, qui permet l'évaluation de phénomènes complexes correspondant à la complexité des processus cérébraux sous-jacents. L'évaluation s'intéresse au répertoire des formes de mouvements de toutes les parties du corps de façon globale. Elle est facilitée par le recours à la vidéo, focalisant l'attention de l'observateur, nécessaire à l'évaluation.

L'état optimal pour une analyse correcte des GMs est l'état 4 de Prechtl (éveil agité). En effet, dans les autres états physiologiques d'éveil ou de sommeil, les GMs peuvent présenter des caractéristiques évocatrices d'une anomalie.

Les critères d'évaluation de la qualité des GMs sont la variation, la fluidité et la complexité des mouvements. La variation concerne la variation temporelle : le répertoire moteur de l'enfant semble inépuisable du fait d'une production continuelle de nouvelles formes de mouvements. La fluidité concerne quant à elle la présence de mouvements doux, souples et gracieux. Elle

indique un profil de vitesse caractérisé par des accélérations et décélérations graduelles. Enfin, la complexité des mouvements porte sur la variation spatiale : la direction des mouvements change fréquemment.

La variation est une caractéristique fondamentale du fonctionnement du système nerveux jeune et sain alors que la stéréotypie marque un dysfonctionnement cérébral précoce.

On distingue 3 catégories qualitatives de GMs. Ils peuvent ainsi être qualifiés de « normaux », « légèrement anormaux » ou « franchement anormaux ». Le meilleur indicatif prédictif du développement neuromoteur de l'enfant est la qualité des GMs observés au stade des « fidegtys ». A cette période, des mouvements franchement anormaux sont un marqueur fiable de risque élevé d'infirmité motrice cérébrale. Des mouvements légèrement anormaux évoquent quant à eux des signes neurologiques mineurs et des difficultés développementales comme les troubles de l'attention à l'âge scolaire.

4.3.Limite des GMs

L'évaluation de la qualité des GMs est un outil sensible d'évaluation du fonctionnement cérébral du jeune enfant, complémentaire de l'examen neurologique traditionnel. Ces examens permettent une détection précoce des enfants présentant une infirmité motrice cérébrale, primordiale pour mettre en place rapidement les accompagnements rééducatifs nécessaires.

Cependant, cette évaluation n'est pas assez fine car elle n'évalue pas les premiers contacts œil-main-bouche.

Problématique et hypothèses

L'oralité se développe in utero grâce au tronc cérébral, à ses nerfs et aux sens tactile, gustatif et olfactif qui permettent des expériences gnosopraxiques. Après la naissance, elle évolue grâce à la flexibilité de ses réseaux neuronaux vers une organisation corticale. (Couly et al., 2015)

Les mouvements associés entre l'œil, la main, et la bouche se développent chez le fœtus et évoluent après la naissance vers une coordination œil-main-bouche organisée par des réseaux neuronaux complexes. Elle est le précurseur de l'alimentation autonome. (Futagi, 2017)

Les expériences variées et redondantes dans les interactions avec l'environnement permettent de sélectionner les réseaux neuronaux offrant les comportements les plus adaptés (Edelman, 1992). Le développement de ces réseaux dépend de la niche écologique du bébé. Les mouvements spontanés de l'enfant lui permettent de développer ses coordinations et d'adapter sa posture face aux flux environnementaux. L'attachement garantit la sécurité nécessaire à l'exploration, les régularités des réponses parentales créant un scénario connu et rassurant.

Pendant les premiers mois de vie postnatale, l'enfant n'a plus accès à ses pieds. Les contacts œil-main-bouche facilités par la PTAC et les mouvements spontanés du bébé créeraient, en raison des nombreux récepteurs de la main, de la bouche et des pieds, une sorte de nuage neuronal, une excitation neuronale au contact. Celle-ci entrainerait du plaisir et serait renforcée par le biais du circuit de la récompense. La mise en forme du corps du bébé permet une installation optimale pour la création du lien œil-main-bouche et de ses réseaux neuronaux.

Les contacts main-bouche pourraient préserver du réflexe nauséeux anormal (Scarborough & Isaacson, 2006) grâce aux afférences qu'ils génèrent vers les réseaux dédiés au comportement alimentaire (Gallagher et al., 1998).

Lors de l'installation d'un bébé au tapis, celui-ci crée son équilibre, explore, développe ses coordinations et construit ses appuis. Sa motricité est libérée. Ses appuis sont toujours variés, contrairement à ceux qu'il a dans des dispositifs d'installation. Ces derniers limitent les postures asymétriques qui permettent l'exploration.

L'installation contraignante du nourrisson limite ainsi les acquisitions des premières représentations autour de l'oralité, notamment la mise en place de coordinations oculo-manuelles et oculo-vestibulaires essentielles au développement des neurones œil-main-bouche (Ferrari & Rizzolatti, 2015). Les connaissances sur le développement en milieu enrichi et appauvri amènent à penser que les enfants installés dans des dispositifs contraignants vont avoir

des coordinations limitées et risquent de développer des connexions atypiques et des réseaux neuronaux moins complexes que les enfants dont la motricité est libre.

Les recherches étudiant le mouvement des nourrissons n'ont pas encore étudié les contacts main-bouche dans différentes installations (contraignantes vs motricité libérée). L'évaluation des GMs ne permet pas d'évaluer les contacts main-bouche. Face à cette faiblesse de recueil de données, l'analyse de vidéos de bébés installés dans différents types d'installation a été réalisée grâce au logiciel ELAN.

La question posée est donc la suivante : « Comment développer des critères objectifs d'analyse des mouvements de l'enfant pour étudier l'impact du positionnement de l'enfant sur ses premières représentations de l'oralité dans les stratégies œil-main-bouche ? »

PARTIE PRATIQUE

I. Méthodologie

1.1. Objectifs

1.1.1. Objectif principal

Ce mémoire est de type « méthodologie de la recherche ». Il vise à tester la fiabilité inter-examinateurs et intra-examinateur du logiciel ELAN (EUDICO Linguistic ANnotator), logiciel de codage du comportement humain, dans l'observation des General Movements du nourrisson. L'objectif est donc de valider (ou d'invalider) l'utilisation du logiciel ELAN dans l'évaluation des premières représentations de l'oralité (contacts œil-main-bouche).

1.1.2. Objectif secondaire

L'objectif secondaire de l'étude est de dégager des critères objectifs d'analyse des mouvements de l'enfant.

1.2. Population de l'étude

1.2.1. Critères d'inclusion des sujets

Les sujets étudiés sont des enfants âgés entre 9 et 16 semaines, nés à terme (37 SA).

1.2.2. Critères de non inclusion des sujets

Les critères d'exclusion sont la prématurité, un handicap neurologique, une pathologie génétique, des troubles neuro-moteurs, un retard de développement moteur, l'hospitalisme, des troubles du lien, des troubles orthopédiques, un torticolis congénital ou une plagiocéphalie sévère. Ces éléments sont des facteurs de risque de modification du développement moteur.

1.3. Déroulement de l'étude

Cette étude a été réalisée au cabinet libéral pédiatrique Luciole à Angers, au sein de l'unité neuropédiatrique, et chez les familles des bébés participant à l'étude. Le recrutement de la population d'étude a débuté en septembre 2017, après les pré-tests et l'ajustement de la cotation des événements.

1.3.1. Recueil du consentement

La nature de la recherche, les objectifs de l'étude ainsi que le déroulement de l'expérimentation ont tout d'abord été expliqués aux parents. Une lettre d'information (cf. Annexe I) ainsi qu'un formulaire de consentement (cf. Annexe II) leur ont alors été présentés, qu'ils ont daté et signé. Un des exemplaires leur a été remis.

1.3.2. Anamnèse

Un auto-questionnaire a été rempli par les parents afin de recueillir les données anamnestiques concernant leur enfant.

Celles-ci n'ont pas fait l'objet d'une analyse dans cette étude méthodologique. En revanche, elles pourront être utiles pour une étude future étudiant le lien entre les installations contraignantes du nourrisson et les premières représentations de l'oralité. L'anamnèse complète se trouve en annexe III.

1.3.3. Réalisation des vidéos

Les captures vidéo sont réalisées dans un environnement sensoriel neutre, sans stimulation visuelle ou auditive pouvant interférer avec l'activité motrice spontanée de l'enfant.

Les enfants sont filmés en motricité libre, en phase 4 d'éveil de Pretchl, dans 6 installations différentes. Le délai maximum entre la réalisation de la première (J1) et de la dernière vidéo (J5 bis) est de 10 jours. Chaque vidéo dure environ 15 minutes, en fonction de la tolérance de l'enfant. La capture des mouvements de l'enfant est réalisée avec une GoPro placée à 50 cm au-dessus du nombril de l'enfant et les images sont traitées informatiquement.

Le tableau ci-dessous présente les différentes installations. Les installations de J2, J3, J4, J5 sont randomisées pour limiter les effets d'entraînement et les biais.

J1	Motricité libre au tapis (référentiel GMs de l'enfant)
J2, J3, J4, J5	Motricité libre dans un cosy ou motricité libre au tapis avec arche de jeux ou motricité libre au tapis avec tétine ou dans un cocon d'installation
J5 bis	Evaluation contrôle, motricité libre au tapis (référentiel GMs de l'enfant)

Tableau 1 : Présentation des différents types d'installation

Une seule vidéo peut être réalisée par jour. Les enregistrements sont toujours réalisés à la même période de la journée pour limiter le risque de biais en lien avec la fatigue de l'enfant. Ainsi, le bébé est observé soit tout le temps le matin ou tout le temps l'après-midi, après une période de repos et un change, à distance d'une situation de besoin alimentaire.

Il est installé en body sur une serviette de toilette pour permettre une bonne liberté de mouvement dans des conditions de température adaptées. L'enfant est positionné en décubitus dorsal, au sol ou dans les dispositifs d'installations du protocole, sans élément visuel ou auditif susceptible de créer des alertes pouvant entraîner des rotations du cou. Des panneaux blancs sont installés à gauche et à droite de l'enfant. L'opérateur se place à ses pieds, à une distance

d'au moins 2 mètres pour interagir le moins possible avec lui.

L'enregistrement est réalisé dans une situation calme, sans échange avec l'enfant sauf si celui-ci a besoin d'être rassuré pendant la séance vidéo. Les parents et les soignants présents sont positionnés derrière l'opérateur. Ils restent silencieux durant toute la durée de la vidéo.

L'opérateur déclenche le chronomètre pour une période de motricité libre de l'enfant. La séance est interrompue en cas de pleurs. L'enfant est alors rassuré par ses parents ou un soignant familier. S'il se calme, l'examen reprend dans les mêmes conditions. A la fin de la séance, l'enfant est installé dans les bras de ses parents et rassuré.

1.3.4. Traitement de l'information

La vidéo est traitée par codage manuel à l'aide du logiciel ELAN (Eudico Linguistic Annotator) (« ELAN - Linguistic Annotator », s. d.).

a) Présentation du logiciel ELAN (Colon de Carjaval, CNRS, 2009, Berez, 2007)

ELAN est un instrument professionnel utilisé pour la création d'annotations complexes (phrases, mots, commentaires, descriptions de caractéristiques) sur les ressources vidéo et audio. Il permet de coder les comportements humains. C'est un logiciel Open Source.

La première étape de son utilisation consiste à créer un template (partition vierge) incluant les différents acteurs, c'est-à-dire les différents événements à annoter. Ce template est la base à utiliser pour toutes les futures analyses de vidéos.

b) Cotation des événements

Sur les 15 minutes de recueil de vidéo, seules les 10 dernières minutes sont traitées. En effet, les pré-tests ont montré que l'enfant avait besoin de plusieurs minutes pour mieux appréhender son installation et mettre en place des situations de coordinations.

L'analyse par un opérateur formé au logiciel ELAN permet de coder les mouvements suivants:

Événement	Définition	Type de codage
Tête stable dans l'axe	L'axe de la tête est situé autour 10° de rotation de part et d'autre de l'axe. L'enfant est stable.	Temps cumulé
Contact main-bouche à droite	La main (droite ou gauche) est en contact avec la bouche.	Temps cumulé
Contact main-bouche à gauche		
Contact main-bouche sur l'axe	Les mains sont en contact, portées ensemble à la bouche.	Temps cumulé

Jonction droite-gauche	Les mains sont en contact sur l'axe sans contact avec la bouche.	Temps cumulé
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	L'enfant est en mouvement permanent ne permettant pas de coter plus de 2 secondes dans une position permettant une activité sensori-motrice organisée. Cela est lié aux réponses face aux flux sensoriels.	Temps cumulé
PTAC à droite	La rotation du cou est au-delà de 45 degré, à droite ou à gauche.	Temps cumulé
PTAC à gauche		
Latéro-cubitus à droite	L'enfant est allongé en latéro-cubitus, à droite ou à gauche.	Temps cumulé
Latéro-cubitus à gauche		
Captures visuelles péri-phériques de la main droite	Les « «fidgetys » provoquent des alertes visuelles périphériques (capture du membre supérieur droit ou gauche dans le champ visuel périphérique).	Nombre d'occurrences
Captures visuelles péri-phériques de la main gauche		
Réflexes de Moro	L'enfant déclenche un réflexe de Moro. Son expression clinique est un schème en extension du tronc et des membres inférieurs associé avec une abduction rotation externe des épaules et une ouverture des mains en supination.	Nombre d'occurrences

Tableau 2 : Définition des différents événements et de leur type de codage

10 événements sont cotés selon leur durée tandis que 3 autres le sont selon leur occurrence. Ils seront respectivement analysés selon ces critères. Pour le premier type d'événements, l'événement n'est comptabilisé que si le comportement dure plus de 3 secondes. Concernant le second type d'événements, dès lors que l'événement se produit, il est comptabilisé, même si le comportement dure moins de 3 secondes.

Les données de chaque vidéo sont ensuite extraites vers un document Excel correspondant aux données brutes. Selon le type d'événement, le temps passé ou le nombre d'occurrences ont été cumulés et sont présentés dans la partie résultats.

Le traitement des vidéos est réalisé de façon indépendante par deux examinateurs afin de vérifier la fiabilité inter-examinateur. De plus, chaque examinateur a analysé 10 vidéos une seconde fois (T2), quelques mois après la première analyse (T1) afin de vérifier la fiabilité intra-examinateur. Cela sera également développé dans la partie résultats.

II. Résultats

2.1. Taille de l'échantillon

Cinq enfants ont été inclus dans notre étude entre septembre 2017 et mars 2018.

Toutes les vidéos n'ont pas pu être réalisées chez chaque enfant (contraintes de fatigue, non-disponibilité ou pleurs de l'enfant …). De plus, aucune vidéo avec la tétine n'a pu aboutir, les bébés la rejetant durant la vidéo. Cinq vidéos ont ainsi été réalisées pour chacun des sujets 1, 2 et 4. Pour le sujet 3, seules les vidéos de motricité libre au tapis (J1), motricité libre au tapis avec arche de jeu et dans un cocon d'installation ont été effectuées. Enfin, pour le sujet 5, seules les vidéos de motricité libre au tapis (J1), motricité libre au tapis avec arche de jeu et motricité libre dans un cosy ont été réalisées. Au total, 21 vidéos de 10 minutes ont été effectuées.

2.2. Analyse inter-examinateurs

2.2.1. Statistiques descriptives

Les 13 événements n'ont pas tous été observés dans les 21 vidéos.

Les résultats cumulés par événement de chaque sujet sont présentés en annexe IV. Ils ont été utilisés pour les analyses par évènement.

Les résultats cumulés de chacun des deux examinateurs pour l'ensemble des vidéos sont présentés par événement dans le tableau ci-dessous. Toutes les durées sont exprimées en secondes.

Evénement	**Examinateur 1**		**Examinateur 2**	
	Durée	Nombre d'occurrences	Durée	Nombre d'occurrences
Capture visuelle main droite		504		564
Capture visuelle main gauche		393		383
Réflexe de Moro		12		11
Contact main bouche à droite	1283,748		1315,865	
Contact main bouche à gauche	1031,747		963,808	
Contact mains bouche sur l'axe	2443,399		2480,037	
Jonction droite gauche	681,974		658,94	
PTAC droite	958,907		934,95	
PTAC gauche	318,892		319,313	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	4446,83		4403,651	
Tête dans l'axe stable	2371,23		1347.131	
Latero-cubitus droit	299,718		299,957	

Tableau 3 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour l'ensemble des données

2.2.2. ***Analyse de l'ensemble des données***

L'analyse ci-dessous est effectuée sur l'ensemble des données recueillies (3887 données) pour les 5 sujets de notre étude, dans les 21 vidéos.

Tout d'abord, une analyse de corrélation a été réalisée à l'aide de l'interprétation d'un coefficient de détermination pour mettre en évidence une relation entre les résultats des cotations des deux examinateurs.

Deux méthodes ont ensuite été utilisées pour analyser la concordance de ces résultats et évaluer la fiabilité inter-examinateurs. Il s'agit de la méthode de Passing et Bablok et de la méthode de régression linéaire.

Enfin, le calcul d'un coefficient de variation a permis d'estimer la précision de l'estimation.

Les droites de régression linéaire permettant d'analyser respectivement les événements cotés en temps cumulés et ceux cotés en nombre cumulé d'occurrences sont présentés ci-dessous et précèdent les analyses de corrélation et de concordance. En effet, la valeur du coefficient de détermination (R^2) et celle du coefficient directeur de la droite de régression linéaire (a) permettent d'évaluer la corrélation et la concordance des résultats des deux examinateurs.

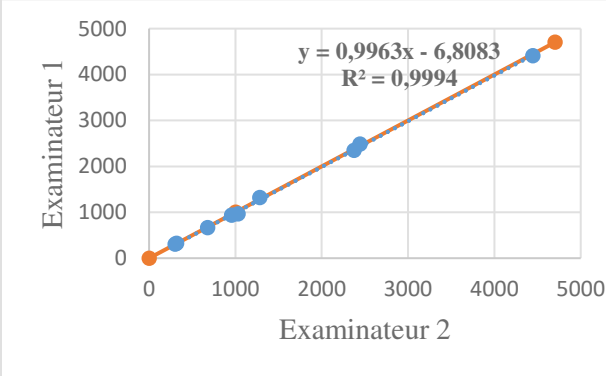

Figure 1 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les évènements cotés selon leur durée

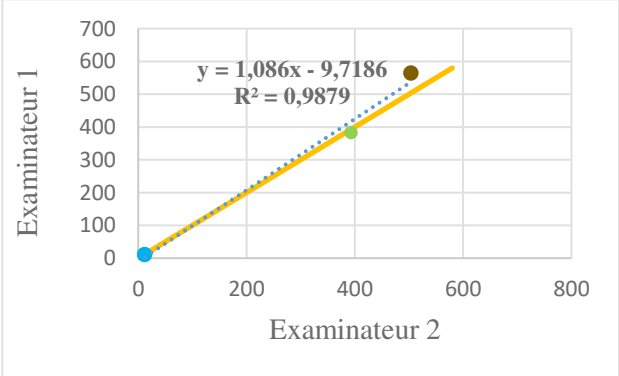

Figure 2 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les événements cotés selon leur occurrence

a) Corrélation

La droite de régression des résultats du premier examinateur (Ex. 1) en fonction de ceux du deuxième examinateur (Ex. 2) permet d'obtenir le coefficient de détermination (R^2). C'est le carré du coefficient de corrélation (r) et sa valeur est comprise entre 0 et 1. Il permet de mesurer la qualité de prédiction d'une régression linéaire. Plus sa valeur est proche de 1 et plus l'équation de la droite de régression peut déterminer la distribution des points, resserrés autour de la droite de régression. Si $R^2 \geq 0.9$, les résultats sont corrélés.

Type d'événement	Coefficient de détermination (R^2)
Evénements cotés selon leur durée	0,9994
Evénements cotés selon leur occurrence	0,9879

Tableau 4 : Coefficient de détermination des données inter-examinateurs

Les résultats des deux examinateurs sont corrélés : il existe une relation entre leurs deux cotations.

b) Concordance

- Première méthode : Méthode de Passing et Bablok

La méthode de Passing et Bablok est une méthode statistique non paramétrique pour l'analyse de régression, adaptée aux études de comparaison de méthodes. Elle s'affranchit des hypothèses de la régression linéaire simple. En effet, elle est peu sensible aux données extrêmes et ne fait pas d'hypothèse sur la distribution des erreurs. La régression de Passing-Bablok correspond au tracé de la droite linéaire d'équation : $Y = \beta 0 + \beta 1 X$

La méthode de Passing et Bablok permet de calculer $\beta 0$ et $\beta 1$ ainsi qu'un intervalle de confiance de 95% autour de ces valeurs. L'étude de celles-ci permet de comparer deux méthodes (ici les cotations par 2 examinateurs). L'ordonnée à l'origine ($\beta 0$) est interprétée comme le biais systématique et la pente correspond au biais proportionnel. $\beta 1$ est le coefficient de la pente. Si les analyses des deux examinateurs sont très proches, on obtiendra $\beta 0$ proche de 0 et $\beta 1$ proche de 1.

Par ailleurs Passing et Bablok proposent un test de linéarité afin de vérifier la relation entre deux méthodes. Une analyse de régression est une étape nécessaire avant le test de linéarité.

- **Analyse de régression :**

	Valeur	Borne inférieure 95% (Moyenne)	Borne supérieure 95% (Moyenne)
(β0)	1,25	-12,13	10,65
(β1)	1,01	0,98	1,04

Tableau 5: Analyse de régression de la méthode de Passing et Bablok

L'équation linéaire suivante est obtenue : $Y= 1,01x + 1,25$

La valeur de l'ordonnée à l'origine mesure la différence systématique entre les deux méthodes. Elle est de 1,25 avec un intervalle de confiance comprenant le 0. Il n'y a pas de différence systématique entre ces deux méthodes.

Le coefficient de pente est égal à 1,01 avec un intervalle de confiance incluant la valeur 1. Il n'y a pas de différence proportionnelle entre les deux méthodes.

Il n'y a donc ni différence systématique, ni différence proportionnelle entre les deux méthodes. Le graphique de régression construit avec XLSTAT confirme cette interprétation.

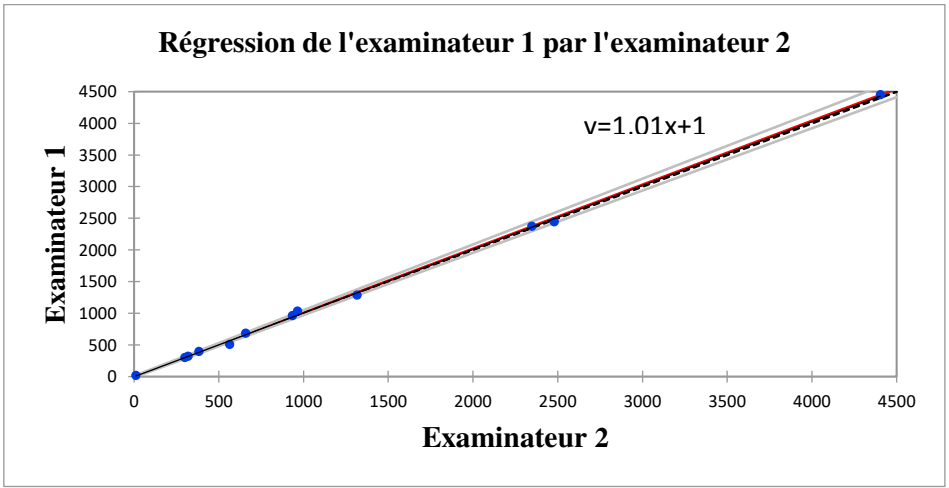

Figure 3 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2

Avant de pouvoir conclure que les deux méthodes de cotation ne sont pas différentes, la linéarité de la relation doit être testée à l'aide d'un test de linéarité.

- **Test de linéarité :**

Le risque de première espèce (risque α) est défini à 5%. Il désigne le risque de rejeter l'hypothèse nulle (H0) alors que celle-ci est vraie.

H0 : La relation entre les deux variables est linéaire.
H1 : La relation entre les deux variables n'est pas linéaire.

Le logiciel XLSTAT permet d'obtenir p-value = 0,44. Cette valeur est supérieure à α. H1 est rejetée au profit de H0. Il existe une relation linéaire entre les méthodes des deux examinateurs.

L'analyse de régression ainsi que le test de linéarité de la méthode de Passing et Bablok confirment la fiabilité inter-examinateur dans l'utilisation du logiciel ELAN.

- Deuxième méthode : Méthode de régression linéaire (Elie & Colombet, 2011)

La droite de régression linéaire exprimant les résultats du premier examinateur en fonction de ceux du deuxième examinateur a une équation de type y = ax+b.

Pour vérifier la concordance entre les cotations des deux examinateurs, l'hypothèse nulle (H0) d'une pente (coefficient directeur de la droite) différente de 1 est posée.

Type d'événement	Valeur de la pente (a)
Evénements cotés selon leur durée	0,9963
Evénements cotés selon leur occurrence	1,086

Tableau 6 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire pour les données inter-examinateurs

L'hypothèse nulle (H0) est rejetée. Les cotations des deux examinateurs sont concordantes. La fiabilité inter-examinateur est vérifiée.

Les deux méthodes (méthode de Passing et Bablock et méthode de régression linéaire) permettent de conclure à la concordance des résultats des deux examinateurs. La fiabilité inter-examinateur est vérifiée.

Par souci de clarté et de concision, seule la méthode de régression linéaire sera utilisée pour les analyses suivantes.

2.2.3. *Analyse par type d'événement*

Afin d'affiner l'analyse, les résultats obtenus ont été analysés par type d'événement pour vérifier que chaque événement donne des résultats satisfaisants pour la fiabilité inter-examinateurs.

La valeur du R^2 et celle du coefficient directeur de la droite de régression linéaire permettent de déduire la corrélation et la concordance des résultats des deux examinateurs.

Les graphiques présentant les droites de régression linéaire sont présentés en Annexe VI.

a) Corrélation

La droite de régression exprimant les résultats du premier examinateur en fonction de ceux du deuxième examinateur permet d'obtenir le coefficient de détermination (R^2). C'est le carré du coefficient de corrélation (r) et sa valeur est comprise entre 0 et 1. Il permet de mesurer la qualité de prédiction d'une régression linéaire. Plus sa valeur est proche de 1 et plus l'équation

de la droite de régression peut déterminer la distribution des points, resserrés autour de la droite de régression. Si $R^2 \geq 0.9$, les résultats sont corrélés.

Evénement	Coefficient de détermination R^2
Captures visuelles de la main droite	0,9802
Captures visuelles de la main gauche	0,9873
Réflexes de Moro	0,9652
Contact main-bouche à droite	0,9924
Contact main-bouche à gauche	0,9797
Contact main-bouche sur l'axe	0,9858
Jonction droite-gauche	0,991
Recherche d'équilibre autour de l'axe	0,9884
Tête dans l'axe stable	0,979
PTAC à droite	0,9997
PTAC à gauche	0,9798
Latéro-cubitus droit	1

Tableau 7 : Coefficient de détermination inter-examinateurs par évènement

Les résultats des deux examinateurs sont corrélés pour tous les événements : il existe une relation entre leurs cotations et ce, pour tous les événements.

b) Concordance

La droite de régression linéaire exprimant les résultats du premier examinateur en fonction de ceux du deuxième examinateur a une équation de type $y = ax+b$.

Pour vérifier la concordance entre les cotations des deux examinateurs, l'hypothèse nulle (H0) d'une pente (coefficient directeur de la droite) différente de 1 est posée.

Evénement	Valeur de la pente (a)
Captures visuelles de la main droite	1,0695
Captures visuelles de la main gauche	0,9842
Réflexes de Moro	0,9474

Contact main-bouche à droite	1,0697
Contact main-bouche à gauche	0,9498
Contact main-bouche sur l'axe	0,9931
Jonction droite-gauche	0,9447
Recherche d'équilibre autour de l'axe	0,998
Tête dans l'axe stable	0,9663
PTAC droite	0,9898
PTAC gauche	1,0522
Latéro-cubitus droit	1,0004

Tableau 8 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire pour les données inter-examinateurs

L'hypothèse nulle (H0) est rejetée. Les cotations des deux examinateurs sont concordantes pour tous les événements. La fiabilité inter-examinateur est vérifiée pour tous les événements. Ce sont donc des critères fiables d'évaluation.

c) Coefficient de variation

Afin d'affiner l'analyse, un coefficient de variation (CV) a été calculé pour vérifier que tous les événements donnent des résultats satisfaisants concernant la fiabilité inter-examinateurs. Ce coefficient est le rapport de l'écart-type à la moyenne. Plus sa valeur est faible, plus l'estimation est précise. Les coefficients de variation sont présentés ci-dessous :

	Ex. 1	**Ex. 2**	**Coefficient de variation**
Capture visuelle main droite	504	564	0,08
Capture visuelle main gauche	393	383	0,02
Réflexe de Moro	12	11	0,06
Contact main bouche à droite	1283,748	1315,865	0,02
Contact main bouche gauche	1031,747	963,808	0,05
Contact mains bouche sur l'axe	2443,399	2480,037	0,01
Jonction droite gauche	681,974	658,94	0,02
PTAC droite	958,907	934,95	0,02
PTAC gauche	318,892	319,313	0,00
Recherche d'équilibre autour de l'axe	4446,83	4403,657	0,01

Tête dans l'axe stable	2371,23	2347,131	0,01
Latéro-cubitus droit	299,718	299,957	0,00

Tableau 9 : Coefficient de variation entre les résultats de l'examinateur 1 et de l'examinateur 2 pour tous les événements

Les coefficients de variation sont tous très faibles : les résultats sont significativement les mêmes dans les cotations des deux examinateurs, pour tous les événements.

Au vu des résultats, l'hypothèse d'une fiabilité inter-examinateurs est vérifiée.

2.3. Analyse intra-examinateur

La fiabilité intra-examinateur a été évaluée grâce à une double cotation, par le même examinateur sur un échantillon de 10 vidéos. La 1ère analyse (T1) a été faite en octobre et la 2ème analyse (T2) en avril.

2.3.1. Statistiques descriptives

Les 13 événements n'ont pas tous été observés dans les 20 vidéos.

Les résultats cumulés par événement de chaque sujet sont présentés en annexe V. Ils ont été utilisés pour les analyses par événement.

Les résultats cumulés à T1 et à T2 pour l'ensemble des vidéos sont présentés par événement dans le tableau ci-dessous.

Evénement	**T1**		**T2**	
	Durée	Nombre d'occurrences	Durée	Nombre d'occurrences
Capture visuelle main droite		220		219
Capture visuelle main gauche		120		120
Réflexe de Moro		12		11
Contact main bouche à droite	827,134		858,48	
Contact main bouche à gauche	542,814		575,199	
Contact mains bouche sur l'axe	1426,699		1430,343	
Jonction droite gauche	443,645		490,019	
PTAC droite	600,005		599,918	
PTAC gauche	50,582		53,364	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	1524,511		1471,73	
Tête dans l'axe stable	1115,509		1131,535	
Latero-cubitus droit	296,087		298,028	

Tableau 10 : Résultats cumulés à T1 et T2, par évènement, pour l'ensemble des données des 10 vidéos ré-analysées

2.3.2. *Analyse de l'ensemble des* données

L'analyse ci-dessous est effectuée sur l'ensemble des données recueillies (1562 données) pour les 10 vidéos de T2.

Une analyse de corrélation a d'abord été réalisée à l'aide de l'interprétation d'un coefficient de détermination pour mettre en évidence une relation entre les cotations à T1 et à T2.

La concordance des cotations à T1 et T2 a ensuite été évaluée grâce à la méthode de régression linéaire pour vérifier la fiabilité intra-examinateur.

Enfin, le calcul d'un coefficient de variation a permis d'estimer la précision de l'estimation.

Les droites de régression linéaire permettant d'analyser respectivement les événements cotés en temps cumulés et ceux cotés en nombre cumulé d'occurrences sont présentés ci-dessous et précèdent les analyses de corrélation et de concordance. En effet, la valeur du coefficient de détermination (R^2) et celle du coefficient directeur de la droite de régression linéaire (a) permettent d'évaluer la corrélation et la concordance des résultats des cotations à T1 et T2.

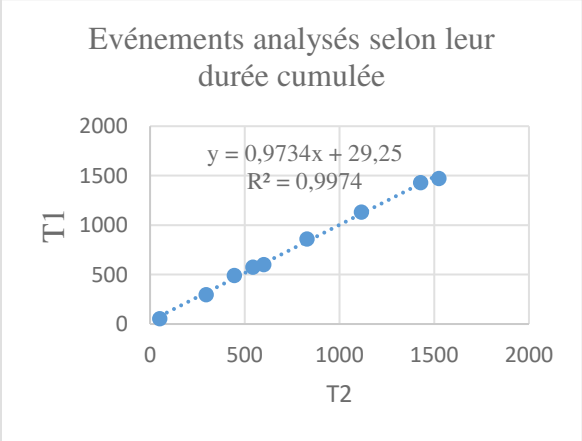

Figure 4 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les événements cotés selon leur durée

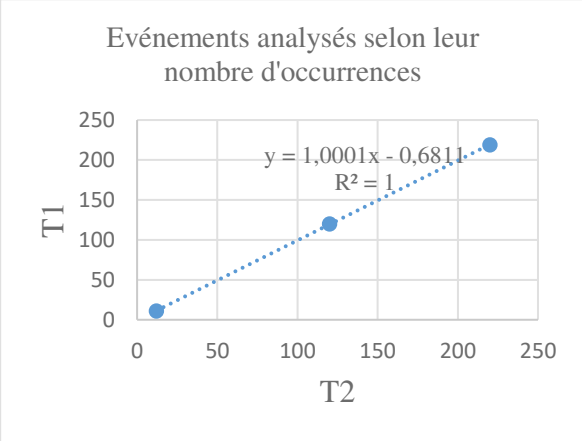

Figure 5 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les événements cotés selon leur occurrenc

a) Corrélation

La droite de régression exprime les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 permet d'obtenir le coefficient de détermination (R^2). C'est le carré du coefficient de corrélation (r) et sa valeur est comprise entre 0 et 1. Il permet de mesurer la qualité de prédiction d'une régression linéaire. Plus sa valeur est proche de 1 et plus l'équation de la droite de régression peut déterminer la distribution des points, resserrés autour de la droite de régression. Si $R^2 \geq 0.9$, les résultats sont corrélés.

Type d'événement	Coefficient de régression (R^2)
Evénements cotés selon leur durée	0,9974
Evénements cotés selon leur occurrence	1

Tableau 11 : Coefficient de régression des données intra-examinateur

Les résultats à T1 et à T2 sont corrélés: il existe une relation entre ces deux cotations.

b) Concordance

La droite de régression exprimant les résultats à T1 en fonction de ceux à T2 a une équation de type $y = ax+b$.

Pour vérifier la concordance entre les résultats à T1 et à T2, l'hypothèse nulle (H0) d'une pente différente de 1 est posée.

Type d'événement	Valeur de la pente (a)
Evénements cotés selon leur durée	0,9734
Evénements cotés selon leur occurrence	1,0001

Tableau 12 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire des données intra-examinateur

L'hypothèse nulle est rejetée. Les analyses 1 et 2 sont concordantes. La fiabilité intra-examinateur est vérifiée.

2.3.3. *Analyse par type d'événement*

Afin d'affiner l'analyse, les résultats obtenus ont été analysés par type d'événement pour vérifier que chaque événement donne des résultats satisfaisants pour la fiabilité intra-examinateurs.

La valeur du R^2 et celle du coefficient directeur de la droite de régression linéaire permettent de déduire la corrélation et la concordance des résultats des deux examinateurs.

Les graphiques présentant les droites de régression linéaire sont présentés en Annexe VII.

a) Corrélation

La droite de régression exprimant les résultats à T1 en fonction de ceux à T2 permet d'obtenir le coefficient de détermination (R^2). C'est le carré du coefficient de corrélation (r) et sa valeur est comprise entre 0 et 1. Il permet de mesurer la qualité de prédiction d'une régression linéaire.

Plus sa valeur est proche de 1 et plus l'équation de la droite de régression peut déterminer la distribution des points, resserrés autour de la droite de régression. Si $R^2 \geq 0.9$, les résultats sont corrélés.

Evénement	Coefficient de détermination R^2
Captures visuelles de la main droite	0,9862
Captures visuelles de la main gauche	0,9938
Réflexes de Moro	0,9664
Contact main-bouche à droite	0,987
Contact main-bouche à gauche	0,9993
Contact main-bouche sur l'axe	0,993
Jonction droite-gauche	0,9377
Recherche d'équilibre autour de l'axe	0,9927
Tête dans l'axe stable	0,9966
PTAC droite	1
PTAC gauche	0,9972
Latéro-cubitus droit	1

Tableau 13 : Coefficient de détermination des données inter-examinateur, par évènement

Les résultats à T1 et à T2 sont corrélées : il existe une relation entre ces deux cotations.

b) Concordance

La droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction de ceux à T2 a une équation de type $y = ax+b$.

Pour vérifier la concordance entre les résultats à T1 et à T2, l'hypothèse nulle (H0) d'une pente différente de 1 est posée.

Evénement	Valeur de la pente (a)
Captures visuelles de la main droite	1,0408
Captures visuelles de la main gauche	1,0253
Réflexes de Moro	0,8571

Contact main-bouche à droite	0,9929
Contact main-bouche à gauche	1,0605
Contact main-bouche sur l'axe	1,0069
Jonction droite-gauche	1,0716
Recherche d'équilibre autour de l'axe	0,9857
Tête dans l'axe stable	1,0095
PTAC droite	0,9999
PTAC gauche	1,0036
Latéro-cubitus droit	1,0066

Tableau 14 : Coefficient directeur de la droite de régression linéaire des données intra-examinateur, par évènement

L'hypothèse nulle est rejetée. Les résultats à T1 et à T2 sont concordants. La fiabilité intra-examinateur est vérifiée pour tous les événements

c) Coefficient de variation

Afin d'affiner l'analyse, un coefficient de variation (CV) a été calculé pour vérifier que tous les événements donnent des résultats satisfaisants concernant la fiabilité inter-examinateurs. Ce coefficient est le rapport de l'écart-type à la moyenne. Plus sa valeur est faible, plus l'estimation est précise.

Les coefficients de variation sont présentés ci-dessous :

	T1	**T2**	**CV**
Captures visuelles main droite	220	219	0.002
Captures visuelles main gauche	120	120	0
Réflexes de Moro	12	11	0.043
Contact main-bouche à droite	827,134	858,48	0.019
Contact main-bouche à gauche	542,814	575,199	0.029
Contact main-bouche sur l'axe	1426,699	1430,343	0.001
Jonction droite-gauche	443,645	490,019	0.050
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	1524,511	1471,73	0.018
Tête dans l'axe stable	1115,509	1131,535	0.007
PTAC à droite	600,005	599,918	7.10^{-5}

PTAC à gauche	50,582	53,364	0.027
Latéro-cubitus droit	296,087	298,028	0.003

Tableau 15 : Coefficient de variation entre les résultats à T1 et ceux à T2 pour tous les événements

Les coefficients de variation sont tous très faibles : les résultats sont significativement les mêmes à T1 et T2, pour tous les événements.

Au vu des résultats, l'hypothèse d'une fiabilité intra-examinateur est vérifiée.

Les fiabilités inter et intra-examinateur sont vérifiées. L'utilisation du logiciel ELAN est validée dans l'analyse des mouvements du bébé et de ses premières représentations de l'oralité (contacts main-bouche). De plus, des critères fiables d'analyse ont été dégagés.

III. Discussion

L'étude faisant l'objet de la partie pratique de ce mémoire vise à valider l'utilisation du logiciel ELAN dans l'analyse des mouvements du nourrisson grâce à la cotation de vidéos de bébés placés dans différents types d'installations. Les résultats présentés précédemment mettent en évidence la fiabilité inter-examinateur et intra-examinateur des cotations, validant l'utilisation du logiciel ELAN comme outil d'analyse des comportements moteurs du bébé.

3.1. Discussion autour de la théorie de l'étude

Les éléments théoriques présentés dans la première partie de ce mémoire sont issus pour certains d'études anciennes. Certaines données pourraient aujourd'hui être invalidées. Cependant, les études présentées ici sont pour la plupart citées dans d'autres études, plus récentes. Il s'agit donc d'études de référence, citées de multiples fois dans les articles des recherches actuelles. Il existe peu d'études ciblées sur les coordinations œil-main-bouche chez le fœtus et le nouveau-né. Par ailleurs, les études sur les nourrissons sont souvent réalisées sur des populations réduites. Leurs résultats sont donc discutables et ce champ d'étude mérite d'être

enrichi. Les futures études qui se baseront sur la méthodologie présentée dans ce mémoire iront dans ce sens.

Par ailleurs, les réseaux neuronaux qui sous-tendent l'oralité, les coordinations œil-main-bouche ainsi que les circuits dédiés à l'alimentation et à la récompense ont d'abord été décrits dans des études portant sur des modèles animaux. Ils ont été identifiés chez l'homme mais les modalités précises de leur développement et de leur fonctionnement peuvent être encore à définir, notamment grâce aux neurosciences et aux études par injection de traceur et IRM.

Il est intéressant pour les orthophonistes de connaitre les réseaux neuronaux qui sous-tendent l'oralité dans son ensemble. Les neurosciences permettent ainsi un enrichissement des pratiques professionnelles. Les orthophonistes qui prennent en charge des patients souffrant de difficultés d'oralité alimentaire peuvent utiliser les données qui en sont issues pour proposer des stimulations variées, redondantes et adaptées impliquant les différents sens tactile, gustatif et olfactif intimement liés. Grâce à leurs connaissances sur les stratégies neuronales, ils peuvent également veiller à adopter une posture bienveillante dans leurs relations avec l'enfant et favoriser le plaisir et l'activation du circuit de la récompense et ce, dans tous les domaines concernés par l'orthophonie.

3.2. Discussion autour de la méthodologie de l'étude

3.2.1. Remarques concernant les vidéos et leurs conditions de réalisation

Les conditions de réalisation des vidéos précisées dans le protocole sont difficilement applicables de la même façon pour toutes les captures vidéo. En effet, l'âge très jeune des sujets entraine des difficultés de réalisation du fait de la disponibilité et des temps d'éveil (phase 4 d'éveil de Pretchl) limités des bébés. De plus, lorsque les vidéos étaient réalisées au cabinet Luciole, les parents des enfants s'y déplaçaient 5 fois pour réaliser toutes les vidéos dans un laps de temps de 10 jours. Si l'enfant dormait ou n'était pas disponible (fatigue, faim, pleurs, douleurs, …) au moment de la capture vidéo, il était délicat de leur demander de refaire le trajet le lendemain. Ainsi, il est possible que toutes les vidéos n'aient pas une qualité équivalente concernant la disponibilité des enfants.

Par ailleurs, la qualité des vidéos est variable. Les conditions d'installation du bébé, des dispositifs (cosy, arche, cocoonababy) et de la caméra sont précisées dans le protocole. Au cabinet Luciole, elles sont facilement respectées grâce à l'organisation des locaux. Les bébés

sont installés sur un matelas à 50 cm du sol. Cela permet de disposer la caméra à 50 cm au-dessus de leur nombril. La luminosité est optimale et les interactions avec l'enfant peuvent être limitées, les espaces étant bien séparés dans le cabinet. Cependant, lorsque les vidéos ont été réalisées au domicile des sujets, ces conditions n'étaient pas toujours réunies. La luminosité n'était pas toujours optimale et l'environnement interagissait plus avec le bébé (frères et sœurs, vie familiale etc.). Celui-ci était plutôt installé au sol. La caméra était donc disposée à plus de 50 cm de lui et pas toujours au-dessus de lui. Ainsi, ses mains, ses yeux et/ou sa bouche pouvaient être cachées par l'arche de jeu, la caméra ne pouvant pas être intégrée directement dans tous les types d'arche. De plus, la caméra était parfois à une distance trop importante de l'enfant. Ces éléments ont compliqué l'analyse des mouvements dans ces vidéos, particulièrement celle des captures visuelles périphériques, des contacts main-bouche et des jonctions droite-gauche.

De plus, un biais méthodologique est à soulever concernant le placement de la caméra. Celle-ci doit être au-dessus de l'enfant. Cependant, malgré les caches conçus spécialement pour la masquer, les enfants ont tendance à la fixer, ce qui modifie leur expression motrice et sera à contrôler dans les études futures.

Enfin, aucune vidéo avec la tétine n'a pu aboutir, les enfants l'ayant tous rejetée. Néanmoins, l'étude de son possible impact sur les comportements moteurs serait intéressante. Il sera peut-être possible de l'étudier en représentant régulièrement la tétine au bébé, ce qui entrainerait des interactions avec l'enfant pendant la capture vidéo, ou en ne l'étudiant que chez les enfants habitués à la tétine mais cela empêcherait la comparaison avec des enfants témoins.

3.2.2. Remarques concernant la cotation des vidéos et le logiciel ELAN

Le logiciel ELAN permet d'obtenir des résultats fiables dans l'analyse des comportements des bébés. Cependant, avec ce logiciel, l'analyse est réalisée manuellement par plusieurs examinateurs. La concordance des résultats observée peut donc être attribuable à une formation commune de ceux-ci et un ajustement de leurs façons de coter les événements. De plus, des pré-tests ont été nécessaires pour ne retenir que les événements les plus pertinents concernant la fiabilité inter et intra-examinateur.

Les événements à coter ont été sélectionnés dans le répertoire moteur des enfants de 9 à 16 semaines. Les pré-tests réalisés au cabinet Luciole à Angers ont permis de mettre en évidence des divergences entre les cotations des différents examinateurs. Les événements à coter ont donc été redéfinis pour obtenir une meilleure fiabilité inter-examinateurs.

Nous avons ciblé des comportements centrés sur le lien œil-main-bouche, sous-jacent de l'alimentation et de l'oralité, domaines qui concernent les orthophonistes. Les « franchissements de l'axe médian par les membres » n'en font pas partie et ont été écartés. L'événement « coordination œil-main-bouche » a été retiré de l'étude car il est rare entre 9 et 16 semaines. Les « rotations du cou » à droite et à gauche ont également été écartées car leur durée était souvent inférieure à 3 secondes. La définition du comportement initialement nommé « tête au centre » a été affinée. Cela a abouti à la cotation de deux nouveaux événements plus pertinents : « tête dans l'axe stable » et « recherche d'équilibre tête autour de l'axe ». Cela permet d'intégrer la notion de recherche d'équilibre face aux flux environnementaux. Les événements retenus pour l'étude ont été présenté dans le tableau 1.

Une formation commune des examinateurs et un réajustement de leurs façons de coter les événements lors de pré-tests ainsi que le choix des événements les plus pertinents semblent donc nécessaires pour obtenir des résultats fiables.

ELAN est un logiciel gratuit, disponible (logiciel open source) et facilement téléchargeable. Son accès et sa prise en main sont simples et son utilisation instinctive. Par ailleurs, il existe différents tutoriels qui permettent d'éclaircir d'éventuelles zones d'ombre et d'utiliser rapidement les fonctionnalités les plus simples du logiciel. De plus, l'extraction des données brutes vers un document Excel est simple et rapide. Les résultats peuvent donc être rapidement analysés statistiquement pour être utilisés.

ELAN est donc un outil d'analyse intéressant pour les professionnels, dont les orthophonistes, qui peuvent l'utiliser rapidement pour analyser des comportements humains (linguistiques, moteurs, …).

3.2.3. Remarques concernant la *taille de l'échantillon*

Cinq enfants seulement ont été inclus dans cette étude. En effet, le recrutement d'enfants aussi jeunes est complexe. Le recrutement initialement prévu par le biais des crèches a été limité car peu d'enfants y sont reçus si jeunes.

De plus, du fait de la non-disponibilité de certains enfants pour la réalisation de certaines vidéos, toutes les captures vidéo n'ont pas pu être réalisées. Les vidéos avec la tétine ont toutes échoué et certains sujets n'ont pu être filmés que dans trois installations. Nous n'avons au total que 21 vidéos pour 5 sujets, soit 210 minutes de vidéos analysées indépendamment par deux examinateurs (3887 données). L'analyse intra-examinateur porte quant à elle sur 10 vidéos analysées à T1 puis à T2, soit 100 minutes de vidéos analysées deux fois (1562 données). Ainsi,

si le nombre de sujets peut a priori sembler limité, les données sont suffisamment conséquentes pour permettre de valider l'utilisation du logiciel ELAN.

3.3. Pistes et perspectives

Les résultats satisfaisants de l'étude mériteront d'être enrichis grâce à un échantillon plus important de sujets. La force des résultats n'en sera alors que meilleure.

Cette étude ouvre de nouvelles perspectives dans les recherches sur les bébés et leurs comportements.

Des études futures pourront être développées pour analyser les comportements selon les types d'installations et déterminer celles qui sont les plus favorables à l'expression motrice de l'enfant, primordiale dans son développement. Ces études permettront d'émettre des recommandations de prévention à destination des parents et des professionnels médicaux, paramédicaux et de la petite enfance, dont les orthophonistes.

Concernant l'orthophonie et l'oralité, des études de ce type pourront être ciblées sur les coordinations œil-main-bouche, sur la base de la méthodologie de l'étude pilote présentée dans ce mémoire. Elles viseront à évaluer l'impact des contraintes environnementales sur les choix posturaux de l'enfant et sa capacité à moduler ses postures précocement pour déterminer quelles sont les installations les plus favorables au développement des coordinations œil-main-bouche et donc à l'oralité. Elles devront être réalisées sur un échantillon d'au moins 80 enfants issus de modes de garde différents. Il sera alors intéressant d'analyser les éléments d'anamnèse recueillis, en particulier le mode de garde et le temps passé quotidiennement dans un dispositif d'installation contraignante (cosy, transat, …).

Enfin, l'étude méthodologique présentée ici s'inscrit dans un projet global avec l'équipe du Laboratoire Cognitions Humaine et Artificielle (CHArt) de l'Ecole Pratique des Hautes Études (EPHE) de François Jouen. Elle offre un référentiel méthodologique sur une petite série d'enfants et permet de valider l'utilisation d'un outil d'observation clinique. Cette observation clinique pourra ensuite être comparée avec une observation automatisée du mouvement de l'enfant, effectuée à partir du logiciel de motion capture développé par le laboratoire CHArt. Ce logiciel modélise la fréquence des mouvements spontanés et leur localisation et permet une analyse quantitative de l'activité motrice. Il semble être une possibilité d'alternative ou de

complément de l'évaluation des GMs. L'enfant sera positionné dans un cadre numérique et son corps sera pixélisé pour enregistrer en permanence la position de chaque pixel. La possibilité de focaliser sur différentes parties du corps est en cours de développement et permettra de comparer les fréquences et amplitudes des 4 membres et du tronc. La comparaison des observations clinique (ELAN) et automatique (motion capture) permettra d'évaluer la fiabilité des résultats obtenus grâce à ce nouveau logiciel. Si celle-ci est bonne, l'utilisation du logiciel de motion capture permettra de simplifier l'analyse du mouvement des bébés grâce à la vidéo et ouvrira à son tour de nouvelles perspectives dans les recherches sur les bébés et leurs comportements.

Conclusion

Au cours du développement, la zone orale est la première à permettre des conduites instrumentales avec la succion présente dès 12 semaines d'aménorrhée. Elle est au centre de la construction de l'enfant et du processus d'attachement, important dans l'oralité alimentaire et verbale. De plus, la bouche est un lieu essentiel d'exploration. L'expérience sensori-motrice redondante et variée de l'enfant permet la sélection et la construction des réseaux neuronaux qui sous-tendent l'oralité et ses sens, la coordination œil-main-bouche précurseur de l'alimentation autonome ainsi que les circuits dédiés à l'alimentation et à la récompense.

L'étude de l'impact du positionnement de l'enfant sur les premières représentations de l'oralité a donc semblé intéressante. L'étude présentée ici a ciblé la validation de l'utilisation du logiciel ELAN dans l'évaluation des mouvements du bébé. Son objectif secondaire a été de dégager des critères objectifs d'analyse des mouvements de l'enfant. Cinq bébés ont été filmés en motricité libre dans cinq types d'installation. Les cotations des vidéos réalisées avec le logiciel ELAN ont fait l'objet d'une analyse de la fiabilité inter et intra-examinateur.

La concordance des résultats a permis de conclure à cette fiabilité. L'utilisation du logiciel ELAN est donc validée dans l'analyse des mouvements du bébé. De plus, des critères fiables d'analyse ont été dégagés. Cette validation ouvre de nouvelles perspectives dans le domaine de la recherche sur les nourrissons. Une étude sur une plus grande cohorte sera intéressante pour confirmer ces premiers résultats. Par ailleurs, une étude sur un échantillon de population important pourra être menée dans la continuité de cette étude pilote pour comprendre l'impact de l'installation contraignante sur la mise en place des coordinations œil-main-bouche et donc des réseaux neuronaux fondamentaux pour l'oralité.

Les neurosciences et les recherches sur les nourrissons permettent de mieux comprendre le fonctionnement de l'organisme. L'oralité est sous-tendue par des réseaux neuronaux impliquant le tronc cérébral puis le cortex frontal. Le toucher, la gustation et l'olfaction sont particulièrement importants dans son développement. Les coordinations œil-main-bouche mises en place par le bébé sont primordiales pour le développement de l'alimentation autonome.

Les données issues des neurosciences permettent aux orthophonistes d'adapter leur pratique en proposant des stimulations sensori-motrices stimulant les réseaux neuronaux et les différents sens. Par ailleurs, ce sont des professionnels de première ligne dans le domaine de la prévention. Ils peuvent diffuser des messages de prévention concernant l'importance de la liberté du mouvement du bébé auprès des professionnels et des parents qu'ils rencontrent (par exemple dans les services de néonatalogie, lors des rééducations orthophoniques précoces, lors d'interventions préventives en crèche, de formations, etc.).

Bibliographie

Abadie, V., Champagnat, J., Fortin, G., & Couly, G. (1999). Succion-déglutition-ventilation et gènes du développement du tronc cérébral. *Archives de Pédiatrie*, *6*(10), 1043-1047.

Als, H. (1982). Toward a synactive theory of development: Promise for the assessment and support of infant individuality. *Infant Mental Health Journal*, *3*(4), 229-243. https://doi.org/10.1002/1097-0355(198224)3:4<229::AID-IMHJ2280030405>3.0.CO;2-H

Altschuler, S. M. (2001). Laryngeal and respiratory protective reflexes. *The American journal of medicine*, *111*(8), 90–94.

Altschuler, S. M., Bao, X., & Miselis, R. R. (1991). Dendritic architecture of nucleus ambiguus motoneurons projecting to the upper alimentary tract in the rat. *The Journal of Comparative Neurology*, *309*(3), 402-414. https://doi.org/10.1002/cne.903090309

Andrew, B. L. (1956). The nervous control of the cervical oesophagus of the rat during swallowing. *The Journal of Physiology*, *134*(3), 729-740.

Audeoud, F. B., Lejeune, F., Marcus, L., Gentaz, E., & Debillon, T. (2011). La sensorialité tactile du grand prématuré. In Société Française de Médecine Périnatale, *41es Journées nationales de la Société Française de Médecine Périnatale (Grenoble 12–14 octobre 2011)* (p. 205-211). Paris: Springer Paris. https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0257-2_20

Baicy, K., London, E. D., Monterosso, J., Wong, M.-L., Delibasi, T., Sharma, A., & Licinio, J. (2007). Leptin replacement alters brain response to food cues in genetically leptin-deficient adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*(46), 18276-18279. https://doi.org/10.1073/pnas.0706481104

Bao, X., Bart Wiedner, E., & Altschuler, S. M. (1995). Transsynaptic localization of pharyngeal premotor neurons in rat. *Brain Research*, *696*(1-2), 246-249. https://doi.org/10.1016/0006-8993(95)00817-A

Barrett, R. T., Bao, X., Miselis, R. R., & Altschuler, S. M. (1994). Brain stem localization of rodent esophageal premotor neurons revealed by transneuronal passage of pseudorabies virus. *Gastroenterology*, *107*(3), 728-737.

Berez, L, EUDICO Linguistic Annotator (ELAN), Language Doumentation & Conservation, no. 2, 283-289, 2007

Bieger, D. (1984). Muscarinic activation of rhombencephalic neurones controlling oesophageal peristalsis in the rat. *Neuropharmacology*, *23*(12A), 1451-1464.

Bieger, D., & Hopkins, D. A. (1987). Viscerotopic representation of the upper alimentary tract in the medulla oblongata in the rat: the nucleus ambiguus. *The Journal of Comparative Neurology*, *262*(4), 546-562. https://doi.org/10.1002/cne.902620408

Black, J. E., Jones, T. A., Nelson, C. A., & Greenough, W. T. (1998). Neuronal plasticity and the developing brain. In *Handbook of child and adolescent psychiatry* (Alessi, N.E., Coyle, J.T., Harrison, S.I., Eth., S., Vol. Vol. 6. Basic psychiatric science and treatment). New-York.

Blass, E. M., Fillion, T. J., Rochat, P., Hoffemeyer, B. ., & Metzger, M. A. (1989). Sensorimotor and Motivational Determinants of Hand-Mouth Coordination in 1-3-Day-Old Human Infants, *25*(6), 963-975.

Bourgeois, J. P. (1997). Synaptogenesis, heterochrony and epigenesis in the mammalian neocortex. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992). Supplement*, *422*, 27-33.

Broca, A. de. (2017). *Le développement de l'enfant: du normal aux principaux troubles du développement*. Paris, France: Elsevier Masson.

Bullinger, A., & Delion, P. (2015). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars. Tome 2, L'espace de la pesanteur, le bébé prématuré et l'enfant avec TED*. Toulouse, France: Éditions érès.

Butterworth, G., & Hopkins, B. (1988). Hand-mouth coordination in the new-born baby. *British Journal of Developmental Psychology*, *6*(4), 303-314. https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1988.tb01103.x

Caesar, P. (1979). Postural Behaviour in Newborn Infants, *72*.

Car, A. (1993). Organisation et fonctionnement du réseau neuronique central programmant la déglutition. Motricité cérébrale, p. 146-150.

Carmichael, S. T., & Price, J. L. (1995). Sensory and premotor connections of the orbital and medial prefrontal cortex of macaque monkeys. *The Journal of Comparative Neurology*, *363*(4), 642-664. https://doi.org/10.1002/cne.903630409

Changeux, Jean-Pierre. (1983). *L'Homme neuronal*. Paris, France: Fayard.

Changeux, J.-P., Courrege, P., & Danchin, A. (1973). A Theory of the Epigenesis of Neuronal Networks by Selective Stabilization of Synapses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *70*(10), 2974-2978. https://doi.org/10.1073/pnas.70.10.2974

Chiva, M., & Zazzo, R. (1985). *Le doux et l'amer: sensation gustative, émotion et communication chez le jeune enfant*. Paris, France: Presses universitaires de France.

Cismareco, A.-S. (1993). *Le cri néonatal et ses fonctions. Ouvrage collectif sous la direction de Busnel C. : Le langage des bébés, savons-nous l'entendre, Broché.*

Colon de Carjaval, I, (2009), Guide pratique pour aligner une transcription sous ELAN., http://.icar.univ-lyon2.fr/ecole_thematique/tranal_i/documents/Tutorial_ELAN_v2.0.pdf

Couly, G., Coltey, P., Cheron, G., Abadie, V., Martelli, H., & Le Douarin, N. M. (1994). Rhombomères, code Hox, crête neurale et malformations de la face. *médecine/sciences*, *10*(2), 151. https://doi.org/10.4267/10608/2581

Couly, Gérard. (2010). *Oralités humaines: avaler et crier : le geste et son sens*. Rueil-Malmaison, France: Doin, impr. 2010.

Couly, Gérard, Levaillant, J.-M., Bault, J.-P., Benoit, B., Kverneland, B., & Gitz, L. (2015). *Oralité du foetus: neurogenèse, sensorialité, dysoralité, anoralité, échographie, syndromes de Robin*. Montpellier: Sauramps Médical.

Craighero, L., Leo, I., Umiltà, C., & Simion, F. (2011). Newborns' preference for goal-directed actions. *Cognition*, *120*(1), 26-32. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.02.011

Cyrulnik, B. (2000). *Les nourritures affectives*. Paris, France: Editions Odile Jacob.

Dallel, R., Villanueva, L., Woda, A., & Voisin, D. (2003). Neurobiologie de la douleur trigéminale. *médecine/sciences*, *19*(5), 567-574. https://doi.org/10.1051/medsci/2003195567

Davis, C., Strachan, S., & Berkson, M. (2004). Sensitivity to reward: implications for overeating and overweight. *Appetite*, *42*(2), 131-138. https://doi.org/10.1016/j.appet.2003.07.004

Dawson, G., Panagiotides, H., Klinger, L. G., & Hill, D. (1992). The role of frontal lobe functioning in the development of infant self-regulatory behavior. *Brain and Cognition*, *20*(1), 152-175. https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90066-U

De Bock, F., Braun, V., & Renz-Polster, H. (2017). Deformational plagiocephaly in normal infants: a systematic review of causes and hypotheses. *Archives of Disease in Childhood*, *102*(6), 535-542. https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-312018

de Vries, J. I. P., Visser, G. H. A., & Prechtl, H. F. R. (1982). The emergence of fetal behaviour. I. Qualitative aspects. *Early Human Development*, *7*(4), 301-322. https://doi.org/10.1016/0378-3782(82)90033-0

de Vries, J., Visser, G., & Pretchl, H. (1984). Fetal motility in the first half of pregnancy. In *Continuity of the neural functions from prenatal to postnatal life* (p. 46-64). Pretchl HF.

Doty, R. W., & Bosma, J. F. (1956). An electromyographic analysis of reflex deglutition. *Journal of Neurophysiology*, *19*(1), 44-60. https://doi.org/10.1152/jn.1956.19.1.44

Doty, R. W., Richmond, W. H., & Storey, A. T. (1967). Effect of medullary lesions on coordination of deglutition. *Experimental Neurology*, *17*(1), 91-106.

Dubowitz, L. M., Mushin, J., De Vries, L., & Arden, G. B. (1986). Visual function in the newborn infant: is it cortically mediated? *Lancet (London, England)*, *1*(8490), 1139-1141.

Edelman, G. M. (1992). *Biologie de la conscience*. (A. Gerschenfeld, Trad.). Paris, France: Odile Jacob.

ELAN - Linguistic Annotator. (s. d.). Consulté 27 mai 2018, à l'adresse http://www.mpi.nl/corpus/html/elan/index.html

Elie, C., & Colombet, I. (2011). Methods of evaluation of reproducibility. *Sang thrombose vaisseaux---Sang Thrombose Vaisseaux*, (3), 138–145. https://doi.org/10.1684/stv.2011.0592

Farooqi, I. S., Bullmore, E., Keogh, J., Gillard, J., O'Rahilly, S., & Fletcher, P. C. (2007). Leptin regulates striatal regions and human eating behavior. *Science (New York, N.Y.)*, *317*(5843), 1355. https://doi.org/10.1126/science.1144599

Feldman, J. F., & Brody, N. (1978). Nonelicited newborn behaviours in relation to state and prandial condition, *24*(2), 79-84.

Ferrari, P. F., & Rizzolatti, G. (Éd.). (2015). *New frontiers in mirror neurons research*. Oxford, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord: Oxford University Press.

Frank, R. A., Preshaw, R. L., Stutz, R. M., & Valenstein, E. S. (1982). Lateral hypothalamic stimulation: stimulus-bound eating and self-deprivation. *Physiology & Behavior*, *29*(1), 17-21.

Fraser, S., Keynes, R., & Lumsden, A. (1990). Segmentation in the chick embryo hindbrain is defined by cell lineage restrictions. *Nature*, *344*(6265), 431-435. https://doi.org/10.1038/344431a0

Futagi, Y. (2017). Eye-Hand-Mouth Coordination in the Human Newborn. *Pediatric Neurology*. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2017.06.009

Futagi, Y., Ozaki, N., Matsubara, T., Futagi, M., Suzuki, Y., & Kitajima, H. (2016). Eye-Mouth Associated Movement in the Human Newborn and Very Young Infant. *Pediatric Neurology*, *58*, 75-82. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.01.006

Gallagher, S., Butterworth, G. E., Lew, A., & Cole, J. (1998). Hand–Mouth Coordination, Congenital Absence of Limb, and Evidence for Innate Body Schemas. *Brain and Cognition*, *38*(1), 53-65. https://doi.org/10.1006/brcg.1998.1020

Globus, A., Rosenzweig, M. R., Bennett, E. L., & Diamond, M. C. (1973). Effects of differential experience on dendritic spine counts in rat cerebral cortex. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *82*(2), 175-181. https://doi.org/10.1037/h0033910

Greenough, W. T., & Black, J. E. (1992). Induction of Brain Structure bv Experience : Substrates for Cognitive Developement. In *The Minnesota symposia on child psychology* (Vol. 24 : Developmental behavioral neuroscience, p. 115-200). M. R. Gunnar C. A. Nelson.

Greenough, W. T., Black, J. E., & Wallace, C. S. (1987). Experience and brain development. *Child Development*, *58*(3), 539-559.

Hadders-Algra, M. (2003). Motricité spontanée normale et pathologique du jeune nourrisson. *Enfance*, *55*(1), 13. https://doi.org/10.3917/enf.551.0013

Hooker, D. (1952). *The prenatal origin of behavior*. Lawrence, Kansas, Etats-Unis d'Amérique: University of Kansas Press.

Humphrey, T. (1970). The development of human fetal activity and its relation to postnatal behavior. *Advances in Child Development and Behavior*, *5*, 1-57.

Humphrey, Tryphena. (1964). Some Correlations between the Appearance of Human Fetal Reflexes and the Development of the Nervous System. In *Progress in Brain Research* (Vol. 4, p. 93-135). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)61273-X

Humphrey, Tryphena. (1978). Function of the Nervous System During Prenatal Life. In *Perinatal Physiology* (p. 651-683). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2316-7_30

Ianniruberto, A., & Tajani, E. (1981). Ultrasonographic study of fetal movements. *Seminars in Perinatology*, *5*(2), 175-181.

Illingworth, R. S., Nair, M. K. C., & Russell, P. S. S. (2013). *The development of the infant and young child: normal and abnormal*. New Delhi [India: Elsevier. Consulté à l'adresse http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=1723768

Jackson, S. R., & Husain, M. (1996). Visuomotor functions of the lateral pre-motor cortex. *Current Opinion in Neurobiology*, *6*(6), 788-795. https://doi.org/10.1016/S0959-4388(96)80029-8

Jean, A. (1984a). Brainstem organization of the swallowing network. *Brain, Behavior and Evolution*, *25*(2-3), 109-116. https://doi.org/10.1159/000118856

Jean, A. (1984b). Control of the central swallowing program by inputs from the peripheral receptors. A review. *Journal of the Autonomic Nervous System*, *10*(3-4), 225-233.

Jean, André. (2001). Brain Stem Control of Swallowing: Neuronal Network and Cellular Mechanisms. *Physiological Reviews*, *81*(2), 929-969. https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.2.929

Jouen, F., & Molina, M. (2007). *Naissance et connaissance: la cognition néonatale*. Wavre (Belgique), Belgique: Mardaga.

Kelley, A. E., Bless, E. P., & Swanson, C. J. (1996). Investigation of the effects of opiate antagonists infused into the nucleus accumbens on feeding and sucrose drinking in rats. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, *278*(3), 1499-1507.

Kelley, Ann E. (2004). Ventral striatal control of appetitive motivation: role in ingestive behavior and reward-related learning. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *27*(8), 765-776. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2003.11.015

Kessler, J. P., & Jean, A. (1985). Identification of the medullary swallowing regions in the rat. *Experimental Brain Research*, *57*(2), 256-263.

Korner, A. F., & Beason, L. M. (1972). Association of two congenitally organized behavior patterns in the newborn: hand-mouth coordination and looking. *Perceptual and Motor Skills*, *35*(1), 115-118. https://doi.org/10.2466/pms.1972.35.1.115

Land, B. B., Narayanan, N. S., Liu, R.-J., Gianessi, C. A., Brayton, C. E., Grimaldi, D. M., … DiLeone, R. J. (2014). Medial prefrontal D1 dopamine neurons control food intake. *Nature Neuroscience*, *17*(2), 248-253. https://doi.org/10.1038/nn.3625

Lee, B. H., Lynn, R. B., Lee, H.-S., Miselis, R. R., & Altschulers, S. M. (1992). Calcitonin gene-related peptide in nucleus ambiguus motoneurons in rat: Viscerotopic organization. *The Journal of Comparative Neurology*, *320*(4), 531-543. https://doi.org/10.1002/cne.903200410

Lew, A. R., & Butterworth, G. (1995). The effects of hunger on hand-mouth coordination in newborn infants. *Developmental Psychology*, *31*(3), 456-463. https://doi.org/10.1037/0012-1649.31.3.456

Lickliter, R. (2001). *Atypical Perinatal Sensory Stimulation and Early Perceptual Development: Insights From Developmental Psychobiology* (Vol. 20). https://doi.org/10.1038/sj.jp.7200450

Littelfield, T., Kelly, K., Reiff, J., & et al. (2003). Car seats, infant carriers, and swings: their role in deformational plagiocephaly, (15), 102–6.

Liu, J.-J., Mukherjee, D., Haritan, D., Ignatowska-Jankowska, B., Liu, J., Citri, A., & Pang, Z. P. (2015). High on food: the interaction between the neural circuits for feeding and for reward. *Frontiers in Biology*, *10*(2), 165-176. https://doi.org/10.1007/s11515-015-1348-0

Logemann, J. A. (1983). *Evaluation and treatment of swallowing disorders*. College-Hill Press.

Lurie Rubinow, O., Frankl, L., & Bühler, C. (1934). *Die erste Dingauffassung beim Säugling: Reaktionen auf Wahrnehmung der Flasche*. Leipzig, Allemagne: Verlag von Johann Ambrosius Barth,.

Marlier, L., Schaal, B., & Soussignan, R. (1996). A experimental look at transnatal olfactory continuity in human neonates. Présenté à 11th Congress of the european Chemoreception Research Organization, Zürich.

Martin, J. H. (1996). *Neuroanatomy: text and atlas*. Stamford, Conn., Etats-Unis d'Amérique: Appleton & Lange.

Medda, B. K., Lang, I. M., Layman, R., Hogan, W. J., Dodds, W. J., & Shaker, R. (1994). Characterization and quantification of a pharyngo-UES contractile reflex in cats. *The American Journal of Physiology*, *267*(6 Pt 1), G972-983. https://doi.org/10.1152/ajpgi.1994.267.6.G972

Nelson, C. A. (2000). Neural plasticity and human development: the role of early experience in sculpting memory systems. *Developmental Science*, *3*(2), 115-136. https://doi.org/10.1111/1467-7687.00104

Olds, J., & Milner, P. (1954). Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *47*(6), 419-427.

O'Rahilly, R., & Müller, F. (1994). Neurulation in the normal human embryo. *Ciba Foundation Symposium*, *181*, 70-82; discussion 82-89.

Perlman, A., & Schulze-Delrieu, K. (1997). *Deglutition and its disorders: anatomy, physiology, clinical diagnosis, and management*. San Diego, Etats-Unis d'Amérique: Singular.

Petrovich, G. D., Holland, P. C., & Gallagher, M. (2005). Amygdalar and prefrontal pathways to the lateral hypothalamus are activated by a learned cue that stimulates eating. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *25*(36), 8295-8302. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2480-05.2005

Prechtl, H. F. R. (1990). Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction. *Early Human Development*, *23*(3), 151-158. https://doi.org/10.1016/0378-3782(90)90011-7

Preuss, T. M., Stepniewska, I., & Kaas, J. H. (1996). Movement representation in the dorsal and ventral premotor areas of owl monkeys: A microstimulation study. *The Journal of Comparative Neurology*, *371*(4), 649-676. https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9861(19960805)371:4<649::AID-CNE12>3.0.CO;2-E

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Volterra, A., & Jeannerod, M. (2015). *Neurosciences*. (J.-M. Coquery, N. Tajeddine, & P. Gailly, Trad.). Louvain-la-Neuve, Belgique: De Boeck Supérieur.

Rakic, P. (1995). Corticogenesis in human and nonhuman primates. In *The cognitive neurosciences* (p. 127-145). Cambridge, MA, US: The MIT Press.

Raliou, M., Wiencis, A., Pillias, A.-M., Planchais, A., Eloit, C., Boucher, Y., … Faurion, A. (2009). Nonsynonymous single nucleotide polymorphisms in human tas1r1, tas1r3, and mGluR1 and individual taste sensitivity to glutamate. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *90*(3), 789S-799S. https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27462P

Rampon, C., Jiang, C. H., Dong, H., Tang, Y. P., Lockhart, D. J., Schultz, P. G., … Hu, Y. (2000). Effects of environmental enrichment on gene expression in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *97*(23), 12880-12884. https://doi.org/10.1073/pnas.97.23.12880

Reissland, N., Francis, B., Aydin, E., Mason, J., & Schaal, B. (2014). The development of anticipation in the fetus: a longitudinal account of human fetal mouth movements in reaction to and anticipation of touch. *Developmental Psychobiology*, *56*(5), 955-963. https://doi.org/10.1002/dev.21172

Rizzolatti, G., Camarda, R., Fogassi, L., Gentilucci, M., Luppino, G., & Matelli, M. (1988). Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. II. Area F5 and the control of distal movements. *Experimental Brain Research*, *71*(3), 491-507.

Rizzolatti, G., & Kalaska, J. (2014). Voluntary Movement: The Parietal and Premotor Cortex. In *Principles of Neural Science* (Fifth Edition). New York, NY: McGraw-Hill Education. Consulté à l'adresse neurology.mhmedical.com/content.aspx?aid=1101681407

Rizzolatti, G., & Strick, P. (2014). Cognitive Functions of the Premotor Systems. In *Principles of Neural Science* (Fifth Edition). New York, NY: McGraw-Hill Education. Consulté à l'adresse neurology.mhmedical.com/content.aspx?aid=1101679100

Rochat, P. (1993). Hand-Mouth Coordination in The Newborn: Morphology, Determinants, and Early Development of A Basic Act. In *Advances in Psychology* (Vol. 97, p. 265-288). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)60956-5

Rochat, P., Blass, E. M., & Hoffeymer, L. B. (1988). Oropharyngeal Control of Hand-Mouth Coordination in Newborn Infants, *24*(4), 459-463.

Roland, S., & Rémi, G. (2013). *Odorat et goût: De la neurobiologie des sens chimiques aux applications*. Editions Quae.

Roman, C. (1986). Contrôle nerveux de la déglutition et de la motricité oesophagienne chez les mamifères. *Journal of physiology (Paris)*, *81*, 118-131.

Scarborough. (2002). *CONSEQUENCES OF INTERRUPTING NORMAL NEUROPHYSIOLOGIC DEVELOPMENT: IMPACT ON PRE-SWALLOWING SKILLS*. University of Cincinnati. Consulté à l'adresse https://etd.ohiolink.edu/pg_10?0::NO:10:P10_ACCESSION_NUM:ucin1014663977

Scarborough, & Isaacson, L. G. (2006). Hypothetical anatomical model to describe the aberrant gag reflex observed in a clinical population of orally deprived children. *Clinical Anatomy (New York, N.Y.)*, *19*(7), 640-644. https://doi.org/10.1002/ca.20301

Schaal, B. (1995). Odor sensing in the human fetus : Anatomical, functional and chemo-ecological bases. In *Fetal development : A psychobiological Perspective*. J.-P. Lecanuet, W. P. Fifer, N. A. Krasnegor et W. P. Smotherman.

Schaal, B., Marlier, L., & Soussignan, R. (2000). Human foetuses learn odours from their pregnant mother's diet. *Chemical Senses*, *25*(6), 729-737.

Schaal, B., & Orgeur, P. (1992). Olfaction in utero: can the rodent model be generalized? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. B, Comparative and Physiological Psychology*, *44*(3-4), 245-278. https://doi.org/10.1080/02724999208250615

Schaal, Benoist. (1997). L'olfaction : développement de la fonction et fonctions au cours du développement. *Enfance*, *50*(1), 5-20. https://doi.org/10.3406/enfan.1997.3041

Schore, A. N. (1994). *Affect Regulation and the Origin of the Self: The Neurobiology of Emotional Development* (Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum).

Schultz, W., Dayan, P., & Montague, P. R. (1997). A neural substrate of prediction and reward. *Science (New York, N.Y.)*, *275*(5306), 1593-1599.

Shaker, R., Dodds, W. J., Dantas, R. O., Hogan, W. J., & Arndorfer, R. C. (1990). Coordination of deglutitive glottic closure with oropharyngeal swallowing. *Gastroenterology*, *98*(6), 1478-1484.

Shaker, R., Ren, J., Medda, B., Lang, I., Cowles, V., & Jaradeh, S. (1994). Identification and characterization of the esophagoglottal closure reflex in a feline model. *The American Journal of Physiology*, *266*(1 Pt 1), G147-153. https://doi.org/10.1152/ajpgi.1994.266.1.G147

Shatz, C. J. (1990). Impulse activity and the patterning of connections during CNS development. *Neuron*, *5*(6), 745-756.

Taub, E., Uswatte, G., Mark, V. W., & Morris, D. M. M. (2006). The learned nonuse phenomenon: implications for rehabilitation. *Europa Medicophysica*, *42*(3), 241-256.

Thibault, C. (2007). *Orthophonie et oralité: la sphère oro-faciale de l'enfant*. Issy-les-Moulineaux [France: Elsevier Masson.

Tümpel, S., Wiedemann, L. M., & Krumlauf, R. (2009). Hox genes and segmentation of the vertebrate hindbrain. *Current Topics in Developmental Biology*, *88*, 103-137. https://doi.org/10.1016/S0070-2153(09)88004-6

van der Meer, A. L., van der Weel, F. R., & Lee, D. N. (1995). The functional significance of arm movements in neonates. *Science (New York, N.Y.)*, *267*(5198), 693-695.

Volkow, N. D., Wang, G.-J., Fowler, J. S., & Telang, F. (2008). Overlapping neuronal circuits in addiction and obesity: evidence of systems pathology. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *363*(1507), 3191-3200. https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0107

von Hofsten, C. (1986). Early spatial perception taken in reference to manual action. *Acta Psychologica*, *63*(1-3), 323-335.

Waddington, C. H. (1962). *Principles of embryology...* London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Pays multiples: G. Allen & Unwin.

White, B. L., Castle, P., & Held, R. (1964). OBSERVATIONS ON THE DEVELOPMENT OF VISUALLY-DIRECTED REACHING. *Child Development*, *35*, 349-364.

White, C. P., & Cooke, R. W. (1989). Maturation of the cortical evoked response to posterior-nerve stimulation in the preterm neonate. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *31*(5), 657-664.

Zoia, S., Blason, L., D'Ottavio, G., Bulgheroni, M., Pezzetta, E., Scabar, A., & Castiello, U. (2007). Evidence of early development of action planning in the human foetus: a kinematic study. *Experimental Brain Research*, *176*(2), 217-226. https://doi.org/10.1007/s00221-006-0607-3

Annexe I - Lettre d'information aux parents

Analyse Vidéographique de la Motricité en fonction du type de positionnement

Angers, le ……/……/2017

Madame, Monsieur,

Nous sommes étudiantes en 5ème année d'orthophonie et nous réalisons actuellement une étude sur la motricité en fonction du positionnement dans le cadre de notre mémoire de fin d'études. Cette étude a pour objectif d'étudier le lien entre l'installation du nourrisson de 0-6 mois et les coordinations œil-main-bouche, qui sont la base de l'oralité secondaire. Elle ne comporte aucune intervention mais, dans la mesure du possible, 6 observations sont réalisées 5 jours de suite en motricité libre en phase 4 d'éveil de Pretchl, chez des enfants entre 9 et 16 semaines. La première évaluation est un témoin de la motricité spontanée initiale de l'enfant et la dernière évaluation sert à vérifier que la motricité de l'enfant n'a pas été modifiée par les différentes installations.

Ces observations seront réalisées à partir d'un recrutement de patients auprès du CHU d'Angers et des crèches sélectionnées au sein de la Mutualité Française.

Les 6 observations ne présentent aucun risque et chacune d'elles dure 20 à 30 minutes. Elles consistent simplement à filmer votre enfant qui sera couché sur le dos, peu habillé (couche et body), libre de tout mouvement, dans différents positionnements : dans un cosy, au tapis, au tapis avec une arche de jeux, au tapis avec une tétine et dans un cocon d'installation. Aucune interaction avec l'enfant ne doit avoir lieu durant l'enregistrement vidéo. **Les données (les vidéos des enfants) seront confidentielles et anonymes et ne transiteront jamais par internet.** Elles seront traitées par un programme informatique d'analyse automatique de la motricité (logiciel développé par le laboratoire CHArt, permettant de quantifier le mouvement à partir d'une pixellisation du corps du bébé en vidéo) et le logiciel ELAN (EUDICO linguistic ANnotator, ELAN est un outil d'annotation de ressources vidéo permettant de caractériser les comportements humains, en particulier les expériences motrices de l'enfant). De J2 à J4 les installations sont tirées au hasard (randomisées).

Nous sollicitons votre accord écrit pour que votre enfant participe à cette étude.

Aspects légaux

-Les données à caractère personnel de votre enfant seront anonymes et sécurisées contre tout accès non autorisé et leur confidentialité sera garantie.

- Conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés (loi n°78-17 du 06 janvier 1978 modifiée par la loi n° 2004-801 du 06 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel), vous disposez d'un droit d'accès et de rectification **de vos données personnelles**. Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette étude et d'être traitées.

- Cette étude a reçu l'avis favorable du Comité de Protection des Personnes d'Angers et l'autorisation de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL).

-Vous avez la possibilité de poser des questions à tout moment avant et en cours d'étude, aux investigateurs, ainsi que de vous retirer de l'étude à tout moment.

D'avance, nous vous remercions de votre aide précieuse qui seule peut nous aider à mieux comprendre comment évoluent la motricité et les coordinations œil-man-bouche en fonction du positionnement.

François Jouen, DE EPHE

Benoit Chevalier, doctorant EPHE

Marie Le Roy, étudiante en Master 2 d'orthophonie, Université de Poitiers

Emma Picault, étudiante en Master 2 d'orthophonie, Université de Poitiers

Annexe II – Formulaire de Consentement pour la participation à l'étude

Analyse Vidéographique de la Motricité en fonction du positionnement

Nous soussignés, _____, déclarons avoir lu les informations relatives à l'étude « Impact des dispositifs de positionnement sur la motricité spontanée de l'enfant », dont nous avons bien compris les objectifs et la méthodologie, en ayant bien reçu des réponses satisfaisantes à nos questions.

En signant ce consentement, nous confirmons avoir compris le projet de recherche et acceptons librement la participation de notre enfant _____ aux 6 observations qui seront faites de la manière suivante : observations réalisées 5 jours de suite en motricité libre en phase 4 d'éveil de Pretchl, chez des enfants entre 9 et 16 semaines couchés sur le dos, peu habillés (couche et body), libres de tout mouvement, dans différents positionnements : dans un cosy, au tapis, au tapis avec une arche de jeux, au tapis avec une tétine et dans un cocon d'installation.

Nous acceptons que les données concernant notre enfant, recueillies à l'occasion de cette étude, puissent faire l'objet d'un traitement informatisé par les organisateurs de la recherche (programme informatique d'analyse automatique de la motricité et logiciel ELAN).

Le droit d'accès et de rectification des données prévues par la loi « informatique et libertés » peut s'exercer à tout moment, directement ou par l'intermédiaire du choix des parents, auprès des responsables de l'étude. Pour toutes les informations de nature médicale, nous exercerons ce droit auprès du médecin investigateur (Pr Patrick Van Bogaert).

Les données recueillies resteront strictement confidentielles et anonymes et **les vidéos des enfants ne transiteront jamais par internet**. À ce titre, une déclaration de création de fichiers informatisés a été faite auprès de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés), spécifiquement pour cette étude. Nous n'autorisons leur consultation que par des personnes qui collaborent à l'étude, dûment mandatées par le promoteur, et éventuellement par des représentants des autorités administratives.

Nous sommes libres d'accepter ou de refuser ainsi que d'arrêter à tout moment la participation de notre enfant à la recherche sans que cela ait de conséquence sur la qualité des soins apportés à notre enfant.

Si nous le désirons, nous pouvons être tenus au courant des résultats globaux de la recherche sur simple demande auprès des investigateurs, au terme de la recherche.

Nous avons également pris note que les frais de l'étude sont pris en charge par le promoteur de l'étude.

- **« Nous avons pu poser toutes les questions que nous voulions et nous avons reçu des réponses adaptées »**,

- « Nous avons disposé d'un temps de réflexion suffisant entre l'information et la signature du consentement »,

- « Nous avons bien compris que nous avons le droit de refuser de participer ou de retirer notre consentement à tout moment sans avoir à nous justifier »,

- « Nous acceptons de façon libre et volontaire que notre enfant participe à la présente recherche »,

- « Nous avons compris que les données médicales concernant notre enfant resteront strictement confidentielles. Nous n'autorisons leur consultation que par l'investigateur et ses collaborateurs et, éventuellement, un représentant des autorités de santé »,

- « Le présent consentement ne décharge pas le promoteur et les investigateurs de leurs responsabilités ».

- « L'accord de l'enfant n'a pas été recherché compte tenu de son âge ».

- **Nom et prénom de l'enfant (lettres d'imprimerie)** ……..…..…

Date de naissance de l'enfant……..

- Nom du parent 1 (lettres d'imprimerie)……

« Lu, compris et approuvé » ……

Le…..……/..…..…./……..….. **À**…….……..

Signature parent 1

- Nom du parent 2 (lettres d'imprimerie)……

« Lu, compris et approuvé » ……

Le..……/..…..…./……..….. **À**…….……..

Signature parent 2

- **Nom de l'Investigateur Coordinateur** …….

Signature Investigateur Coordinateur

- Nom de l'investigateur promoteur : François JOUEN

Signature Investigateur promoteur

Annexe III – Éléments recueillis lors de l'anamnèse

Nom de l'enfant : Prénom :

Ces données seront rendues anonymes par une numérotation des dossiers

Date de naissance : sexe :

Age : Age corrigé :

Poids de naissance : Taille de naissance :

Périmètre crânien à la naissance :

Déformation du crâne à la naissance :

Rang de naissance :

Profession des parents :

Père :

Mère :

Grossesses multiples :

Conditions de grossesse :

Mère allongée pendant le dernier trimestre

Position de l'enfant pendant le dernier trimestre :

Accouchement

Voie basse

Césarienne

Instrumentale

Commentaires :

Santé de l'enfant :

Pathologies périnatales

Mode d'alimentation

Allaitement Durée :

Biberon âge de début :

Latéralité de la mère droitière ☐ gauchère☐

Position de prise de repas :

Dans les bras ☐ dans le transat/cosy/coussin☐

Présence d'un RGO

Traitement médicale du RGO :

Sommeil

Qualité du sommeil : bonne☐ mauvaise☐

Votre enfant dort : sur le dos☐ sur le ventre☐sur le côté☐

Utilisez-vous ou avez-vous utilisé un système de positionnement ou de calage de tête pour le sommeil ?

Oui ☐ non☐ si oui lequel :

Eveil

Votre enfant pleure-t-il ? rarement ☐ souvent ☐

Est-il douloureux ? oui ☐ non☐

Habitudes de succion : tétine☐ pouce☐ aucune☐

Temps d'utilisation de la tétine quand il est réveillé : parfois☐très souvent ☐systématiquement☐

Mode de garde

À la maison par sa mère☐

Par une assistante maternelle☐

En crèche ☐

Autre☐ préciser :

Installation pendant les périodes d'éveil

Cosy : Jamais☐ parfois☐très souvent ☐ systématiquement ☐ durée/jour :

Transat : Jamais ☐ parfois ☐ très souvent ☐ systématiquement ☐ durée/jour :

Nacelle : Jamais ☐ parfois ☐ très souvent ☐ systématiquement ☐ durée/jour

Tapis d'éveil : Jamais ☐ parfois ☐ très souvent ☐ systématiquement ☐ durée/jour :

Écharpe de portage: Jamais☐ parfois ☐ très souvent ☐ systématiquement☐ durée/jour :

Cocon : Jamais ☐ parfois☐très souvent ☐ systématiquement ☐ durée/jour :

mobile/arche au-dessus du tapis d'éveil : oui ☐ non☐

Plat ventre: Possible☐ impossible☐

Installation sur le ventre : Jamais ☐ parfois☐très souvent ☐ systématiquement ☐

durée/jour :

Autres installations décrivez :

Transport de votre enfant en dehors de la voiture

Dans vos bras : Jamais☐ parfois☐très souvent ☐ systématiquement ☐

Cosy : Jamais☐ parfois☐très souvent ☐ systématiquement ☐

Poussette : Jamais☐ parfois ☐très souvent ☐ systématiquement ☐

Nacelle : Jamais ☐ parfois ☐très souvent ☐ systématiquement ☐

Porte bébé type baby bjorn : Jamais☐ parfois ☐très souvent ☐ systématiquement ☐

Dans ce type de porte bébé, votre bébé est porté : face à vous ☐dos à vous☐

Écharpe de portage: Jamais☐ parfois☐ très souvent ☐ systématiquement☐

Autres :

Annexe IV : Résultats cumulés des deux examinateurs, par événement, pour chaque sujet

Les résultats sont exprimés en durée cumulée ou en nombre d'occurrences selon le type d'évènement.

	Examinateur 1		Examinateur 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		29		31
Capture visuelle main gauche		15		18
Réflexe de Moro		5		5
Contact main bouche à droite	185,882		191,463	
Contact main bouche à gauche	465,346		456,785	
Contact mains bouche sur l'axe	846,548		894,565	
Jonction droite gauche	409,602		391,208	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	824,61		818,866	
Tête dans l'axe stable	298,109		286,4	
PTAC gauche	8,045		8.244	
Latéro-cubitus droit	296,087		296,21	

Tableau 16 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 1

	Examinateur 1		Examinateur 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		20		27
Capture visuelle main gauche		36		32
Contact main bouche à droite	12,987		10,884	
Contact main bouche à gauche	232,516		172,908	
Contact mains bouche sur l'axe	223,199		229,542	
Jonction droite gauche	85,2		79,751	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	2062,555		2060,348	
Tête dans l'axe stable	316,687		335,754	
PTAC gauche	9,866		9,86	
PTAC droite	52,18		49,532	
Latéro-cubitus droit	3,631		3,747	

Tableau 17 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 2

	Examinateur 1		Examinateur 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		85		97
Capture visuelle main gauche		82		77
Réflexe de Moro		2		1
Contact main bouche à gauche	23,194		23,236	
Contact mains bouche sur l'axe	550,712		525,697	
Jonction droite gauche	23,463		29,12	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	461,702		460,326	
Tête dans l'axe stable	707,791		709,55	
PTAC gauche	30,398		25,202	

Tableau 18 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 3

	Examinateur 1		Examinateur 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		190		217
Capture visuelle main gauche		211		212
Contact main bouche à droite	260,545		243,357	
Contact main bouche à gauche	256,417		257,474	
Contact mains bouche sur l'axe	793,501		797,163	
Jonction droite gauche	153,129		153,111	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	625,593		587,451	
Tête dans l'axe stable	755,417		714,15	
PTAC gauche	258,444		276,007	
PTAC droite	306,722		289,388	

Tableau 19 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 4

	Examinateur 1		Examinateur 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		180		192
Capture visuelle main gauche		49		44
Réflexe de Moro		5		5
Contact main bouche à droite	824,334		870,161	
Contact main bouche à gauche	54,274		53,405	
Contact mains bouche sur l'axe	29,439		33,07	
Jonction droite gauche	7,58		5,75	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	472,37		476,666	
Tête dans l'axe stable	293,226		301,277	
PTAC gauche	12,139		0	
PTAC droite	600,005		596,03	

Tableau 20 : Résultats cumulés de chaque examinateur, par évènement, pour le sujet 5

Annexe V : Résultats cumulés à T1 et T2, pour chacun des sujets dont les vidéos ont été ré-analysées

	T1		T 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		29		31
Capture visuelle main gauche		15		18
Réflexe de Moro		5		5
Contact main bouche à droite	185,882		191,3	
Contact main bouche à gauche	465,346		456,785	
Contact mains bouche sur l'axe	846,548		894,565	
Jonction droite gauche	409,602		391,208	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	824,61		818,866	
Tête dans l'axe stable	298,109		286,4	
PTAC gauche	8,045		8,244	
Latéro-cubitus droit	296,087		296,21	

Tableau 21 : Résultats cumulés à T1 et T2, pour le sujet 1

	T 1		T 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		85		97
Capture visuelle main gauche		82		77
Réflexe de Moro		2		1
Contact main bouche à gauche	23,194		23,236	
Contact mains bouche sur l'axe	550,712		525,697	
Jonction droite gauche	26,463		29,12	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	461.702		460,326	
Tête dans l'axe stable	707,791		709,55	
PTAC gauche	30,398		25,202	

Tableau 22 : Résultats cumulés à T1 et T2, pour le sujet 3

	T 1		T 2	
Evénements	**Durée**	**Nombre d'occurrences**	**Durée**	**Nombre d'occurrences**
Capture visuelle main droite		180		192
Capture visuelle main gauche		49		44
Réflexe de Moro		5		5
Contact main bouche à droite	824,334		870,161	
Contact main bouche à gauche	54,274		53,405	
Contact mains bouche sur l'axe	29,439		33,07	
Jonction droite gauche	7,58		5,75	
Recherche d'équilibre tête autour de l'axe	472,37		476,666	
Tête dans l'axe stable	293,226		301,277	
PTAC gauche	12,139		0	
PTAC droite	600,005		596,03	

Tableau 23 : Résultats cumulés à T1 et T2, pour le sujet 5

Annexe VI : Droites de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2, par événement (inter-examinateur)

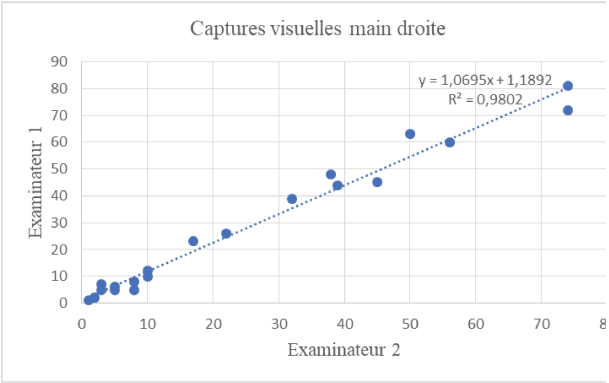

Figure 6 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les captures visuelles périphériques de la main droite

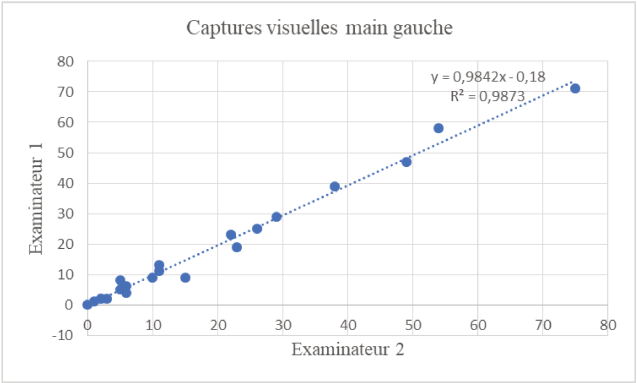

Figure 7 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour les captures visuelles périphériques de la main gauche

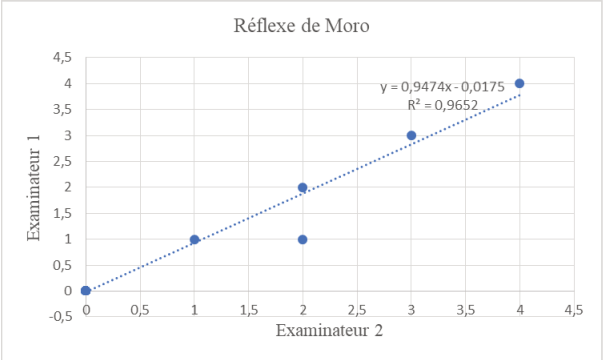

Figure 8 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le réflexe de Moro

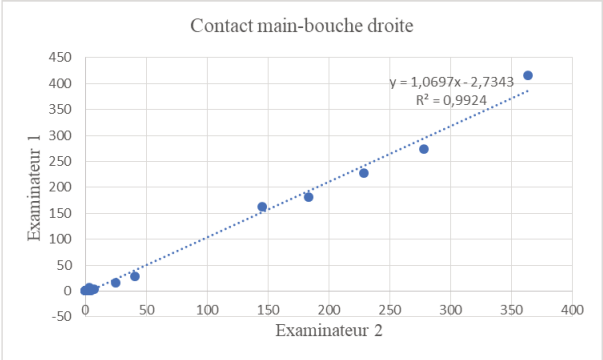

Figure 9 : Droite de régression linéaire des résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le contact main-bouche à droite

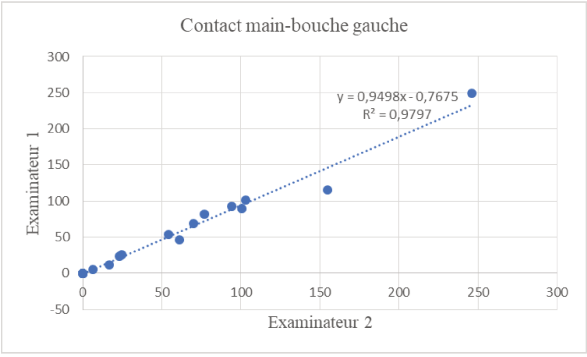

Figure 10 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le contact main-bouche à gauche

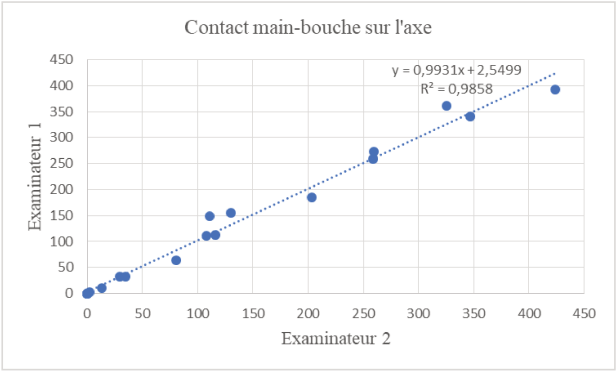

Figure 11 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le contact main-bouche sur l'axe

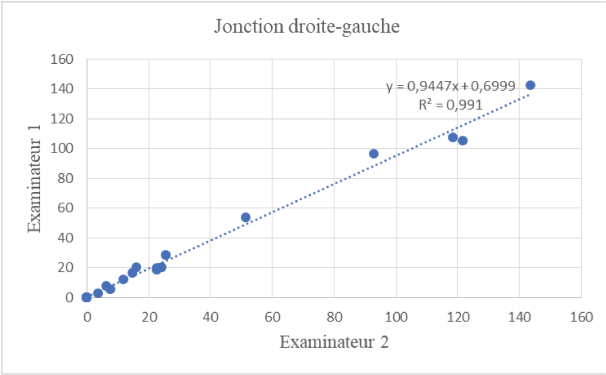

Figure 12 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la jonction droite-gauche

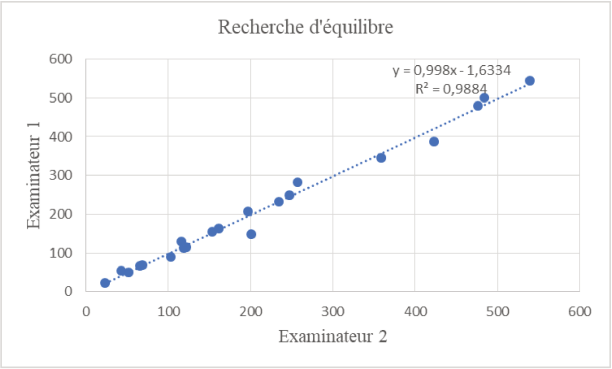

Figure 13: Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la recherche d'équilibre tête autour de l'axe

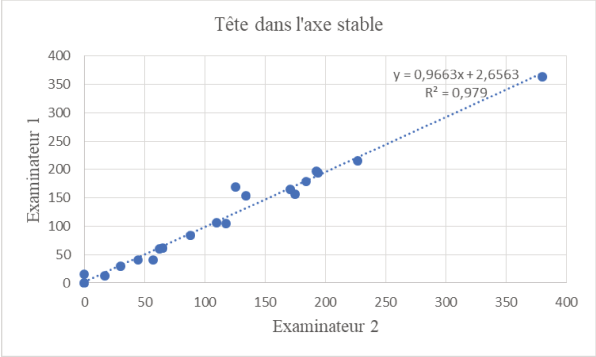

Figure 14 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la tête dans l'axe stable

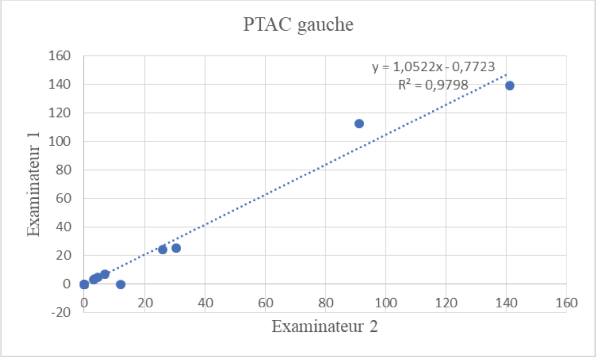

Figure 15 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la PTAC gauche

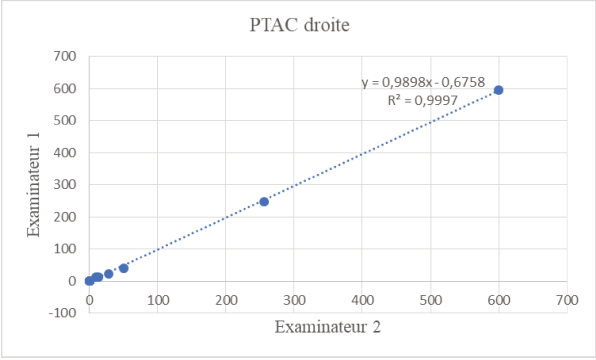

Figure 16 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour la PTAC droite

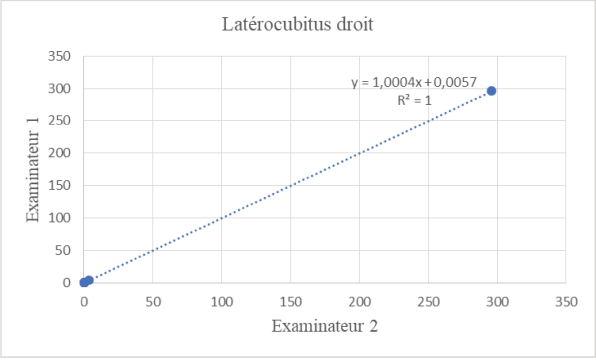

Figure 17 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats de l'examinateur 1 en fonction de ceux de l'examinateur 2 pour le latéro-cubitus droit

Annexe VII : Droites de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2, par événement (intra-examinateur)

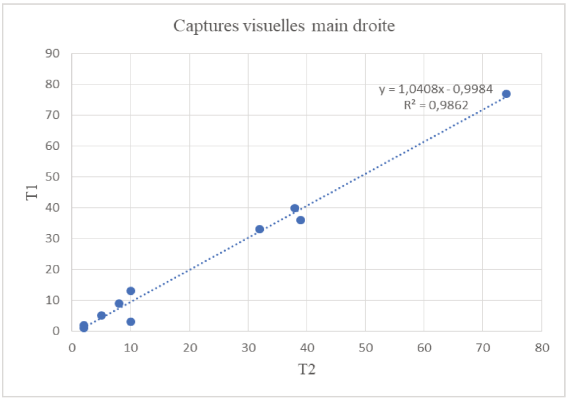

Figure 18 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les captures visuelles périphériques de la main droite

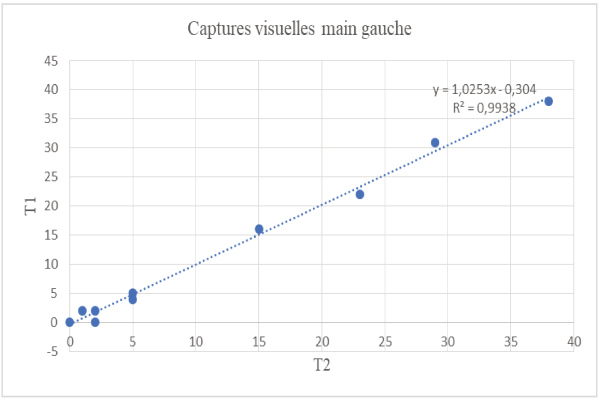

Figure19 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour les captures visuelles périphériques de la main gauche

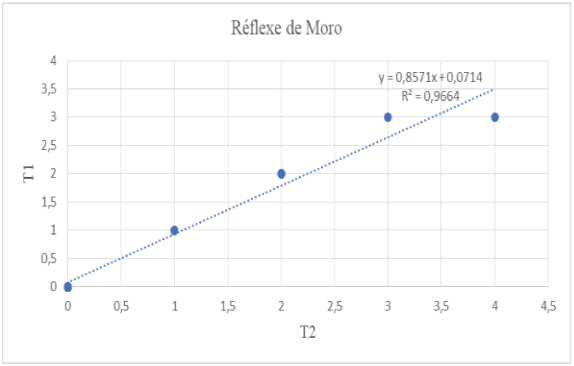

Figure 20 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le réflexe de Moro

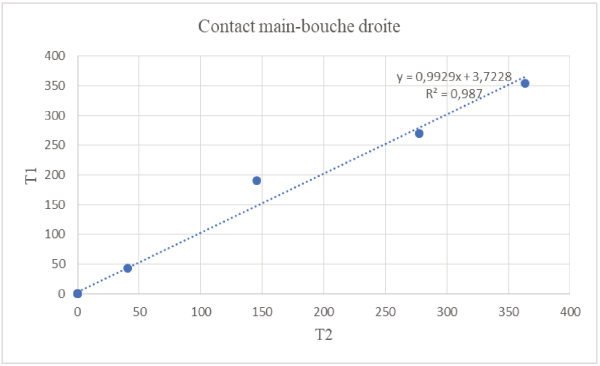

Figure 21 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le contact main-bouche à droite

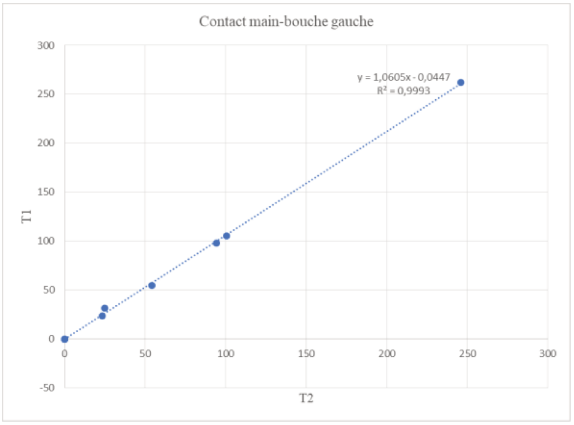

Figure 22 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le contact main-bouche à gauche

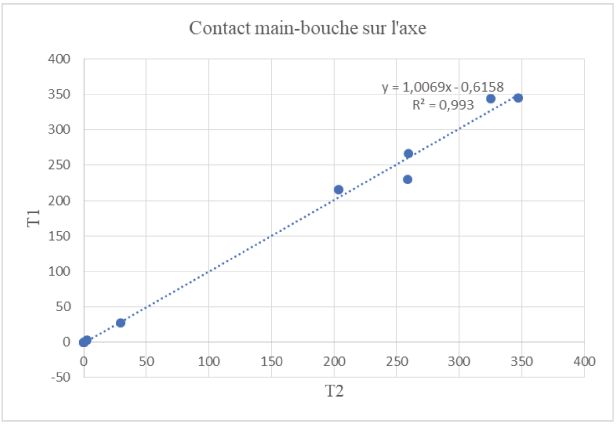

Figure 23 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le contact main-bouche sur l'axe

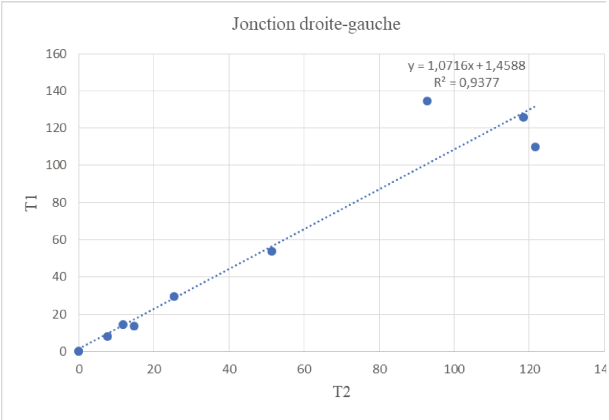

Figure 24 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la jonction droite-gauche

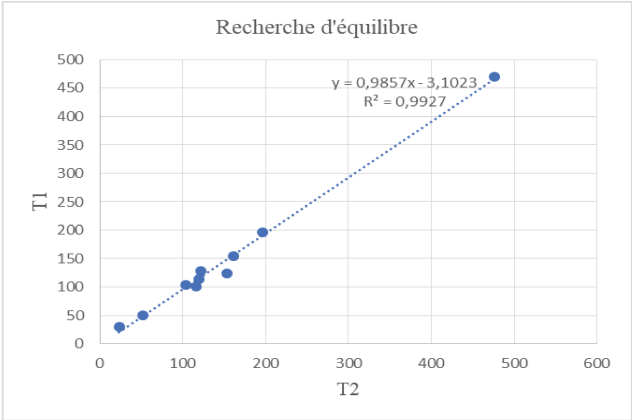

Figure 25 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la recherche d'équilibre tête autour de l'axe

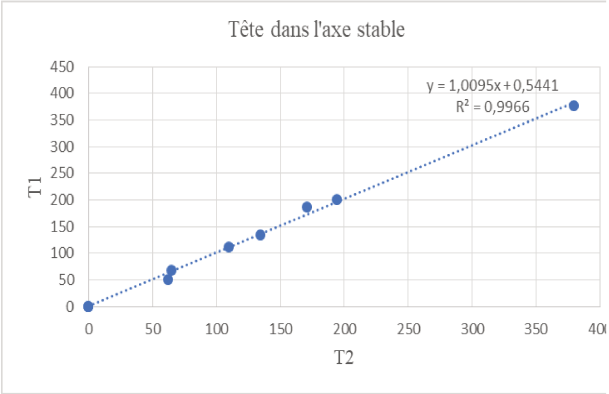

Figure 26 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la tête dans l'axe stable

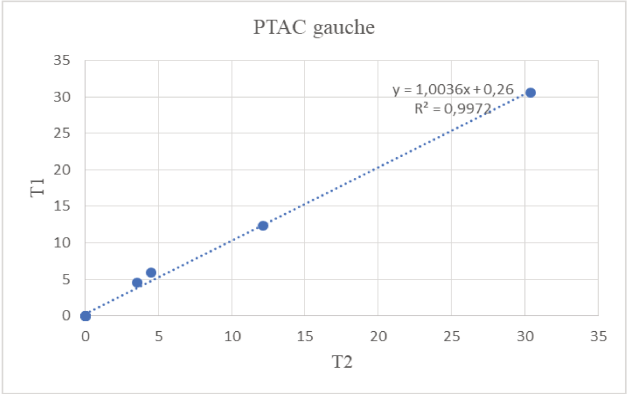

Figure 27 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la PTAC gauche

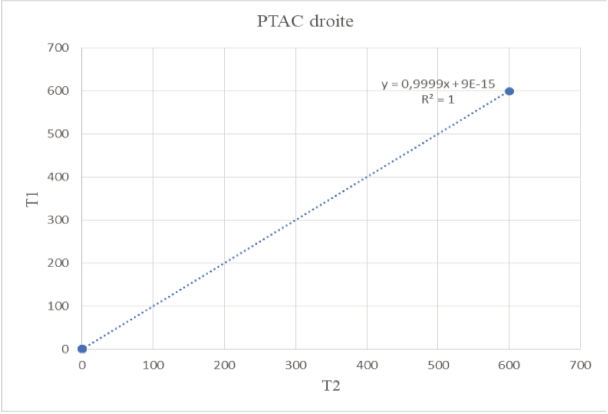

Figure 28 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour la PTAC droite

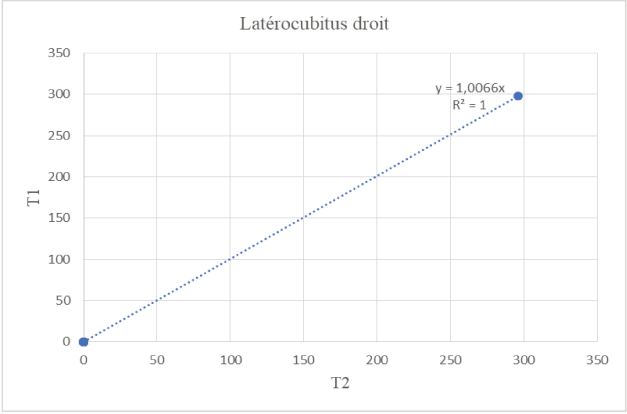

Figure 29 : Droite de régression linéaire exprimant les résultats à T1 en fonction des résultats à T2 pour le latéro-cubitus droit

Résumé :
L'oralité se développe in utero. Les premiers contacts fœtaux génèrent des afférences sensitivo-sensorielles vers les réseaux d'interneurones para-solitaire et para-ambigu du tronc cérébral, formant les central pattern generators de succion et de déglutition. Après la naissance, l'oralité sera progressivement sous contrôle cortical. Les mouvements associés entre l'œil, la main et la bouche se développent également in utero et évoluent après la naissance vers une coordination plus corticale, liée au comportement alimentaire. Le réseau neuronal dédié à l'alimentation est intimement lié au circuit de la récompense. Les expériences variées du nourrisson dans ses interactions avec l'environnement lui permettent de sélectionner et d'entretenir les réseaux neuronaux offrant les comportements les plus adaptés. Le lien entre la coordination œil-main-bouche et le réseau dédié à l'alimentation permet de faire l'hypothèse que les contacts main-bouche répétés lors des expériences motrices du bébé seraient préservateurs du réflexe nauséeux anormal. Cependant, elles sont limitées par l'installation contraignante (cosy, …). L'évaluation des contacts main-bouche dans différentes installations ne peut être réalisée par l'évaluation qualitative des General Movements. De nouveaux outils et critères d'analyse des mouvements du bébé doivent donc être développés. L'objectif de cette étude est de valider l'utilisation du logiciel ELAN dans cette évaluation et de développer de nouveaux critères d'analyse. 5 bébés entre 9 et 16 semaines ont été filmés en motricité libre pendant 15 minutes dans cinq types d'installation. Ces vidéos ont été analysées indépendamment par deux examinateurs et ré-analysées par chacun des examinateurs à distance. La fiabilité des résultats des analyses vidéo inter-examinateur et intra-examinateur obtenus avec ce logiciel a été vérifiée. ELAN est un outil simple et fiable d'analyse des mouvements de l'enfant. Il sera prochainement utilisé pour comparer les premières représentations de l'oralité dans différentes installations.

Mots clés : coordinations œil-main-bouche, oralité, neurosciences, darwinisme neuronal, sensori-motricité, nouveau-né

Abstract :
Orality develops in utero. First fetal contacts generate sensitivo-sensory afferents to para-solitari and para-ambiguus networks of interneurons in the brainstem, forming the central pattern generators of sucking and swallowing. After the birth, orality will be gradually under cortical control. The movements between the eye, the hand and the mouth develop in utero, too, and advance to more cortical coordination after the birth. This one is linked with feeding behavior. As a matter fact, the network used for the feeding behavior is tighly linked with the reward circuitry. The varied experiences of the infant in its interactions with the environment allows to select and maintain the neural networks providing the most adapted behaviors. The link between the eye-hand-mouth coordination and the network used for food enables to suppose that repeated hand-mouth contacts during the motory experiences of the baby would protect it from the abnormal gag reflex. However, they are limited by children seats. The evaluation of hand-mouth contacts according to these seats can't be achieved thanks to the qualitative assessment of the General Movements. New tools and criteria analysis of the baby's movements must therefore be developed. The purpose of this study is to validate ELAN software utilisation in this evaluation and to develop new criteria analysis. 5 babies between 9 and 16 weeks old were filmed in free movements for 15 minutes in car seat, cocoon and on the floor. Videos have been analyzed independantly by two examiners and once more analyzed later by each of them. The reliability of the results obtained with this software has been checked thanks to inter and intra-examiner analysis. ELAN is a simple and reliable tool to analyse the movements of the child. It will be soon used to compare first representations of orality in different devices.

Key words : eye-hand-mouth coordinations, orality, neurosciences, neuronal darwinism, sensory-motricity, newborn